

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“ANÁLISIS DE FLEXIBILIDAD EN
SISTEMAS DE TUBERÍAS”**

AUTOR: D. ESTEBAN MELCHOR GÓMEZ-GORDO

TUTORA: Dña. BEATRIZ LÓPEZ BOADA



ÍNDICE

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN	5
1.1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.2. OBJETIVO.....	6
1.3. ESTRUCTURA.....	6
CAPÍTULO 2: SISTEMAS DE TUBERÍAS - CONCEPTOS PREVIOS.....	8
2.1. DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTOS	8
2.2. EQUIPOS.....	8
2.3. MATERIALES.....	8
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE FLEXIBILIDAD	11
3.1. INTRODUCCIÓN A LOS ANÁLISIS DE FLEXIBILIDAD	11
3.2. NORMATIVA APLICABLE.....	11
3.3. ESFUERZOS EN TUBERÍAS.....	13
3.4. CATEGORIZACIÓN DE LAS TUBERÍAS	17
3.5. MÉTODOS DE ESTUDIO	19
3.6. ANÁLISIS DE SISTEMAS DE TUBERÍAS.....	25
3.7. CRITERIOS DE SOPORTADO	30
3.8. RECURSOS PARA GRANDES DESPLAZAMIENTOS	34
3.9. ESTUDIO DE EQUIPOS.....	39
CAPÍTULO 4: SOPORTES.....	47
4.1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	47
4.2. TIPOS DE SOPORTES Y APLICACIÓN.....	48
CAPÍTULO 5: ESTUDIO COMPLETO DE LÍNEA.....	54
5.1. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA A ESTUDIAR.....	54
5.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	55
5.3. CONDICIONES DE BORDE	55
5.4. ANÁLISIS.....	57
5.5. COMPROBACIÓN DE RESULTADOS.....	99
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO....	102
6.1. CONCLUSIONES.....	102
6.2. TRABAJOS FUTUROS.....	102
CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA	104
CAPÍTULO 8: ANEXOS	105
8.1. P&ID'S.....	105
8.2. PLANOS ISOMÉTRICOS.....	109
8.3. LISTA DE LÍNEAS	124
8.4. PLANOS DE EQUIPOS	127
8.5. PLANOS ISOMÉTRICOS DE FLEXIBILIDAD	136



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Válvulas	9
Figura 2.2.	Bridas.....	9
Figura 2.3.	Accesorios	9
Figura 2.4.	Juntas	10
Figura 2.5.	Filtro	10
Figura 2.6.	Purgadores	10
Figura 2.7.	Figuras en 8.....	10
Figura 3.1.	Sentido de los momentos sobre una unión en “T”	15
Figura 3.2.	Sentido de los momentos sobre un codo	15
Figura 3.3.	Ejemplo para cálculo por métodos manuales	22
Figura 3.4.	Dimensionamiento de lazos de expansión	35
Figura 3.5.	Ejemplo de lazos de expansión	36
Figura 3.6.	Lazos planos y tridimensionales.....	37
Figura 3.7.	Ejemplo de junta de expansión	38
Figura 3.8.	Junta de expansión de tejido.....	38
Figura 3.9.	Junta de expansión de goma	38
Figura 3.10.	Juntas de expansión metálicas	39
Figura 3.11.	Perfil de temperaturas en equipo a presión horizontal.....	40
Figura 3.12.	Perfil de temperaturas en equipo a presión vertical	41
Figura 3.13.	Método de estudio para bombas centrífugas	43
Figura 4.1.	Acero estructural.....	47
Figura 4.2.	Útiles de sujeción	47
Figura 4.3.	Soporte sobre clips soldados a equipo	48
Figura 4.4.	Soporte estructural a piso (cristo).....	48
Figura 4.5.	Cuna soldada para apoyo	48
Figura 4.6.	Guía horizontal	49
Figura 4.7.	Guía vertical.....	49
Figura 4.8.	Anclajes direccionales (Stops)	49
Figura 4.9.	Zapata soldada	50
Figura 4.10.	Zapata con abrazaderas.....	50
Figura 4.11.	Muelle de apoyo	50
Figura 4.12.	Muelle colgado.....	50
Figura 4.13.	Apoyo tubo-tubo	51
Figura 4.14.	Trunnion horizontal en tramo vertical	51
Figura 4.15.	Trunnions horizontales en codos.....	51
Figura 4.16.	Trunnion vertical (pedestal)	52
Figura 4.17.	Tubería colgada.....	52
Figura 5.1.	Modelo 3D de la línea a estudiar.....	54
Figura 5.2.	Modelado en CAESAR II para el cálculo “succión”	58
Figura 5.3.	Modelado en CAESAR II para el cálculo “descarga”	69



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1.	Desplazamientos máximos del cálculo “succión”	61
Tabla 5.2.	Cargas en la boquilla V-1/N2 (unión soldada)	62
Tabla 5.3.	Cargas en la boquilla V-1/N2 (salida del faldón)	62
Tabla 5.4.	Cargas en soporte del nodo 140 (“succión”)	63
Tabla 5.5.	Cargas en la boquilla P-1A/TP1	63
Tabla 5.6.	Cargas en soporte del nodo 260 (“succión”)	64
Tabla 5.7.	Cargas en la boquilla P1B/TP1	64
Tabla 5.8.	Desplazamientos máximos del cálculo “descarga” (nodos 10-298)	71
Tabla 5.9.	Desplazamientos máximos del cálculo “descarga” (nodos 299-540)	72
Tabla 5.10.	Desplazamientos máximos del cálculo “descarga” (nodos 550-890)	73
Tabla 5.11.	Desplazamientos máximos del cálculo “descarga” (nodos 900-1190)	74
Tabla 5.12.	Desplazamientos máximos del cálculo “descarga” (nodos 1200-1450)	75
Tabla 5.13.	Desplazamientos máximos del cálculo “descarga” (nodos 1460-1870)	76
Tabla 5.14.	Desplazamientos máximos del cálculo “descarga” (nodos 1880-2180)	77
Tabla 5.15.	Cargas en la boquilla P-1A/TP2	78
Tabla 5.16.	Cargas en soporte del nodo 60 (“descarga”)	78
Tabla 5.17.	Cargas en soporte del nodo 150 (“descarga”)	79
Tabla 5.18.	Cargas en soporte del nodo 190 (“descarga”)	79
Tabla 5.19.	Cargas en soporte del nodo 280 (“descarga”)	80
Tabla 5.20.	Cargas en la boquilla P-1B/TP2	80
Tabla 5.21.	Cargas en soporte del nodo 350 (“descarga”)	81
Tabla 5.22.	Cargas en soporte del nodo 380 (“descarga”)	81
Tabla 5.23.	Cargas en soporte del nodo 410 (“descarga”)	82
Tabla 5.24.	Cargas en soporte del nodo 440 (“descarga”)	82
Tabla 5.25.	Cargas en soporte del nodo 460 (“descarga”)	83
Tabla 5.26.	Cargas en la boquilla E-2C/N1	83
Tabla 5.27.	Cargas en soporte del nodo 590 (“descarga”)	84
Tabla 5.28.	Cargas en soporte del nodo 600 (“descarga”)	84
Tabla 5.29.	Cargas en soporte del nodo 690 (“descarga”)	85
Tabla 5.30.	Cargas en soporte del nodo 760 (“descarga”)	85
Tabla 5.31.	Cargas en soporte del nodo 930 (“descarga”)	86
Tabla 5.32.	Cargas en soporte del nodo 1000 (“descarga”)	86
Tabla 5.33.	Cargas en soporte del nodo 1130 (“descarga”)	87
Tabla 5.34.	Cargas en soporte del nodo 1160 (“descarga”)	87
Tabla 5.35.	Cargas en soporte del nodo 1180 (“descarga”)	88
Tabla 5.36.	Cargas en soporte del nodo 1230 (“descarga”)	88
Tabla 5.37.	Cargas en la boquilla E-2A/N2	89
Tabla 5.38.	Cargas en soporte del nodo 1360 (“descarga”)	89
Tabla 5.39.	Cargas en soporte del nodo 1390 (“descarga”)	90
Tabla 5.40.	Cargas en soporte del nodo 1400 (“descarga”)	90
Tabla 5.41.	Cargas en soporte del nodo 1430 (“descarga”)	91
Tabla 5.42.	Cargas en la boquilla E-1A/N1 A	91
Tabla 5.43.	Cargas en la boquilla E-1A/N1 B	92
Tabla 5.44.	Cargas en la boquilla E-1B/N1 B	92
Tabla 5.45.	Cargas en la boquilla E-1B/N1 A	93
Tabla 5.46.	Cargas en la boquilla E-1D/N1 B	93
Tabla 5.47.	Cargas en la boquilla E-1D/N1 A	94
Tabla 5.48.	Cargas en la boquilla E-1C/N1 B	94
Tabla 5.49.	Cargas en la boquilla E-1C/N1 A	95



CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El presente Proyecto Fin de Carrera se enmarca dentro de la especialidad de la ingeniería dedicada al cálculo de flexibilidad en sistemas de tuberías, incluyendo un estudio de un sistema real.

Los sistemas de tuberías están muy presentes en las plantas industriales y son de especial importancia en plantas dedicadas al sector petroquímico o del refino por la gran cantidad de sistemas de tuberías que en ellas aparecen.

Los análisis de flexibilidad, por el marco industrial en que se sitúan, están relacionados con especialidades muy diversas y diferentes entre sí. Se relaciona, entre otras, con la metalurgia por los materiales empleados, con la mecánica de medios continuos o con la neumática y oleohidráulica por ser sistemas que transportan fluidos con unas condiciones de temperatura y presión determinadas y en muchos casos críticas.

Los sistemas de tuberías son el elemento de conexión entre los distintos equipos de la planta y sirven de medio de transporte para los diferentes fluidos que intervienen en los procesos que la planta realiza. Por ello, es necesario realizar los análisis de flexibilidad que garanticen que los sistemas operarán de forma segura, sin roturas o deformaciones excesivas de sus elementos.

Asegurando la operación de la planta sin roturas se garantiza también la seguridad de los operarios que desempeñen su labor en ella, siendo este un factor importante a la hora de la construcción de una planta industrial y, en general, de cualquier proyecto de ingeniería.

Del análisis de flexibilidad se obtienen los datos necesarios para realizar la suportación de la línea, como son las restricciones necesarias, su localización y las cargas que sufrirán los soportes y para las cuales deberán estar diseñados.

El análisis de flexibilidad se debe realizar teniendo en cuenta las posibilidades que ofrecen los soportes. De esta forma no se dispondrá una restricción que requiera de soportes no construibles. Por esa importancia que tiene el conocimiento de los soportes a la hora de realizar los cálculos de flexibilidad se hablará también de los tipos de soportes típicos más utilizados en los sistemas de tuberías.



1.2. OBJETIVO

El presente proyecto tiene como objetivo central la realización de un análisis de flexibilidad de un sistema de tuberías real.

Para ello será fundamental también el manejo de información obtenida a partir de planos de equipos, normas internacionales y otros documentos técnicos de los que se hablará a lo largo del proyecto.

La presentación de los resultados de un estudio de forma clara e inequívoca es muy importante en un trabajo de ingeniería en el que se ven implicadas varias especialidades. Por ello también se pretende completar el estudio de la línea real de forma que sus resultados sean expuestos con la claridad necesaria para facilitar la labor de los responsables de utilizar esa información *a posteriori*.

Como complemento del análisis de flexibilidad de la línea real se pretende exponer el marco industrial en el que se encuentra dicho análisis, así como sentar las bases de la tarea de los especialistas de soportes que son quienes utilizarán la información que se obtenga del estudio de flexibilidad que supone el tema central del presente proyecto.

1.3. ESTRUCTURA

Como se ha visto, hasta este punto se ha pretendido realizar una introducción del tema fundamental de este proyecto, así como una explicación de los contenidos y estructura del mismo para una mejor comprensión y un seguimiento más fácil de la información.

En el capítulo 2 se exponen los conceptos previos que es necesario conocer para entender los análisis de flexibilidad.

En el capítulo 3 aparece toda la información sobre los análisis de flexibilidad, explicando los aspectos necesarios para su desarrollo. De esta forma se habla de los esfuerzos que aparecen en un sistema de tuberías, cómo se analizan esos esfuerzos dependiendo del tipo de línea y de los equipos que estén conectados a ella, cómo minimizar dichos esfuerzos, la normativa aplicable y, así, todos los aspectos necesarios para el buen desarrollo de este tipo de análisis.



Como se ha mencionado en los puntos anteriores, muy relacionado con los análisis de flexibilidad está la especialidad de soportes encargada de diseñar los mismos para conseguir las restricciones que el ingeniero responsable de realizar el análisis de flexibilidad indica en su estudio como necesarias para el buen funcionamiento, de forma segura, de la línea. Por ello en el capítulo 4 se hace una introducción a los tipos de soportes utilizados en las plantas industriales.

Un estudio completo con recopilación de la información necesaria, el estudio propiamente dicho y la presentación de un informe de resultados son los temas principales incluidos en el capítulo 5.

Finalmente se muestran las conclusiones y futuras líneas de trabajo (capítulo 6) junto con los anexos correspondientes a los planos de los equipos, lista de líneas, diagramas de tuberías e instrumentos, y planos isométricos de la línea estudiada (capítulo 8).



CAPÍTULO 2: SISTEMAS DE TUBERÍAS - CONCEPTOS PREVIOS

Los sistemas de tuberías deben ser concebidos como parte de los procesos para los que están diseñados. Así, estos sistemas sirven ante todo para transportar los productos o fluidos de apoyo que deben intervenir en dichos procesos. En este sentido, el sistema de tuberías tiene una doble función, transporte y control de los fluidos para que el proceso se lleve a cabo correctamente.

2.1. DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTOS

La representación principal del sistema de tuberías son los diagramas de tubería e instrumentos (P&ID's en sus siglas en inglés). Se trata de una representación esquemática de la interconexión de las tuberías con los instrumentos y los distintos equipos [1 y 2].

Los P&ID's incluyen información sobre los instrumentos y su denominación, los equipos mecánicos y su denominación, las válvulas, las tuberías con tamaño e identificación, dirección del flujo, datos sobre la forma de operar el proceso y todas las instalaciones auxiliares como reductores, tomas de muestras, ventilación, desagües, etc.

2.2. EQUIPOS

Desde el punto de vista del análisis de flexibilidad es importante conocer los tipos de equipos que se conectan a los sistemas estudiados. Estos equipos pueden ser, principalmente, equipos a presión (horizontales o verticales), intercambiadores de calor, bombas centrífugas, compresores centrífugos, compresores alternativos, hornos, turbinas, enfriadores por aire y tanques de almacenamiento. La forma de estudiar estos equipos así como la normativa que los rige y las características constructivas a tener en cuenta a la hora del análisis serán detalladas en el apartado 3.9.

2.3. MATERIALES

También es importante conocer los elementos físicos que constituyen el sistema de tuberías en la realidad, dado que las características reales del sistema serán las que determinen su comportamiento cuando la planta sea puesta en marcha [1 y 3].

De estos elementos físicos, la tubería propiamente dicha es el componente principal en los sistemas. Se caracteriza por su diámetro nominal y el espesor de pared (calculado a partir del material y las condiciones de presión a las que estará sometido durante la operación del sistema), el material base que la compone, el tipo de fabricación (con soldadura o sin ella), su norma de fabricación (garantiza las características del material), la forma de sus extremos (roscado, plano, biselado) y otros requisitos especiales en caso de que sean necesarios como puede ser un tratamiento térmico, un acabado con recubrimiento, etc.

Las válvulas son otro de los elementos principales. Las hay de muchos tipos dependiendo del efecto sobre el fluido (de corte, de retención o de regulación), del tipo de fabricación (forjada o fundida), o dependiendo de la forma de conexión en sus extremos (enchufe y soldadura, soldadas a tope, bridadas, roscadas, etc.). En la figura 2.1 se muestran algunos ejemplos.

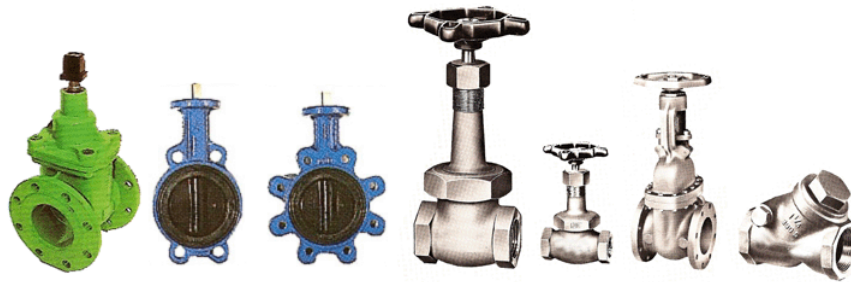


Figura 2.1. Válvulas

Las bridas sirven de elemento de unión en los casos en los que no se desea una conexión permanente debido a que puede ser necesario desconectar esas uniones para mantenimiento de la línea o de los equipos, sustitución de válvulas o cualquier otra operación. Existen de varios tipos (brida ciega, de cuello, roscada, de enchufe y soldadura, etc.). En la figura 2.2 se muestran varios ejemplos.

Los accesorios, como los de la figura 2.3, son elementos de unión como pueden ser las uniones en "T", los codos, los reductores, las cruces, los tapones, los acoplamientos, etc.



Figura 2.2. Bridas



Figura 2.3. Accesorios

Las juntas sirven para asegurar la impermeabilidad de las uniones bridadas. En la figura 2.4 se muestran algunos ejemplos.



Figura 2.4. Juntas

Existen otros elementos que no se pueden clasificar en ninguno de los grupos anteriores y que se engloban como “*miscellaneous*”. Se trata de elementos como purgadores, filtros o figuras en 8 (elemento doble que según la posición hace el efecto de una brida ciega o deja pasar totalmente el fluido), representadas en las figuras 2.5 a 2.7.



Figura 2.5. Filtro



Figura 2.6 Purgadores



Figura 2.7 Figuras en 8



CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE FLEXIBILIDAD

3.1. INTRODUCCIÓN A LOS ANÁLISIS DE FLEXIBILIDAD

La flexibilidad es la propiedad de un material para deformarse dentro de su límite elástico por efecto de cargas externas.

En un sistema de tuberías, las cargas externas que se pueden encontrar y que se deben someter a estudio son los efectos térmicos, sostenidos y ocasionales. Los esfuerzos producidos por estas cargas sobre el sistema de tuberías serán detallados en el apartado 3.3.

Los efectos perjudiciales que estas cargas pueden ocasionar son:

- Esfuerzos excesivos en tuberías, soportes, estructuras y equipos.
- Fugas en juntas bridadas.
- Deformaciones excesivas en tuberías y en boquillas de equipos.
- Aparición de efectos de resonancia en los sistemas sometidos a vibraciones.

El análisis de flexibilidad tiene como fin evitar estos efectos dañinos, garantizando la integridad mecánica del sistema de tuberías como tal y de los distintos elementos (equipos, estructuras, soportes, etc.) asociados al mismo. De esta manera se pretende garantizar, también, la integridad y seguridad del personal que opera la planta.

3.2. NORMATIVA APLICABLE

Las normas, códigos y estándares internacionales y locales, que son de aplicación a cada proyecto, son establecidos por el propietario de la instalación según considere cuáles se ajustan más a la aplicación del proceso a desarrollar.

La definición de la normativa aplicable se realiza en colaboración con el grupo de ingeniería que desarrolla la fase conceptual del proyecto y queda fijado en las bases de diseño del mismo.

Se deberán seguir las pautas de la normativa de aplicación ya que será el cumplimiento de esta normativa el que avale el trabajo de los ingenieros y aclare responsabilidades en caso de accidente.



Las normas y códigos internacionales más utilizados en los proyectos de plantas industriales y que son también de aplicación al presente proyecto son los siguientes:

- Publicadas por la *American Society of Mechanical Engineers*:
 - o ASME B31.1 *Power Piping* [4].
 - o ASME B31.3 *Process Piping* [5].

- Publicadas por el *American Petroleum Institute*:
 - o API 610 *Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries* [6].
 - o API 611 *General Purpose Steam Turbines for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services* [7].
 - o API 617 *Axial and Centrifugal Compressors and Expander-Compressors for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services* [8].
 - o API 618 *Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services* [9].
 - o API 560 *Fire Heaters for General Refinery Service* [10].
 - o API 650 *Welded Steel Tanks for Oil Storage* [11].
 - o API 661 *Air Cooled Heat Exchangers for General Refinery Service* [12].

- Publicada por la *National Electric Manufacturers Association*:
 - o NEMA SM-23 *Steam Turbines for Mechanical Drive Services* [13].

- Publicada por la *Expansion Joints Manufacturer Association*:
 - o EJMA *Standards of the Expansion Joints Manufacturers Association* [14].



3.3. ESFUERZOS EN TUBERÍAS

En el análisis de un sistema de tuberías existen cuatro tipos de esfuerzos que deben ser verificados [1]. El primero es el esfuerzo circunferencial debido a la presión. El análisis de este esfuerzo se escapa a las atribuciones del analista de flexibilidad, siendo los ingenieros encargados de establecer las especificaciones de materiales los que deberán verificar este aspecto como se indicó en el apartado 2.3. Los tres tipos de esfuerzos restantes sí han de ser verificados por el analista de flexibilidad y se definen a continuación.

3.3.1. Esfuerzos sostenidos o primarios

Son aquellos esfuerzos longitudinales que se producen por cargas sostenidas (peso de la tubería, peso del aislamiento, peso del fluido, fuerzas concentradas y distribuidas, momentos aplicados y presión interna). Se trata de esfuerzos no autolimitantes de forma que su acción es suficiente para causar deformación plástica o rotura inminente del material. El control de estos esfuerzos es sencillo mediante un buen soportado del sistema. Los esfuerzos sostenidos, que deberán compararse con el esfuerzo máximo admisible del material, se calculan de la siguiente forma:

$$Sl = A \cdot \frac{P \cdot D_0}{4 \cdot t} + B \cdot \frac{i \cdot M_a}{Z}$$

Donde:

Sl	es el esfuerzo sostenido a calcular.
A y B	son constantes adimensionales que dependen del código utilizado. Según ASME B31.3 [5] (aplicable a los sistemas de los que se hablará a partir de este punto) el valor de las dos constantes es 1.
P	es la presión interna de la tubería.
D_0	es el diámetro externo de la tubería.
t	es el espesor de la tubería (espesor al cual se le resta el espesor de corrosión, tolerancia de fabricación y el factor de soldadura si aplica).
i	es el factor de intensificación de esfuerzos correspondiente según ASME B.31.3 [5].
M_a	es el momento flector debido a las cargas sostenidas.
Z	es el módulo de sección de la tubería.



3.3.2. Esfuerzos por expansión o secundarios

Son aquellos producidos a causa de la expansión o contracción del material debido a los cambios de temperatura. Para controlar estos esfuerzos cuando son excesivos es necesario variar el diseño del sistema y de las restricciones impuestas sobre él, para que este sea más flexible.

Los esfuerzos secundarios son esfuerzos autolimitantes ya que se alivian con el paso del tiempo debido a la relajación térmica del material tras los primeros ciclos de carga-descarga térmica. El carácter cíclico de las cargas térmicas abre la posibilidad a una rotura por fatiga. Esta rotura será más probable en los puntos de intensificación de tensiones como soldaduras en uniones en "T", codos y en general en cualquier unión soldada. Por eso se incluirá en los puntos críticos un factor de intensificación de tensiones (SIF en sus siglas en inglés) al realizar los estudios. Según ASME B31.3 [5] el esfuerzo de expansión (S_E) se obtiene de la siguiente forma:

$$S_E = \sqrt{S_b^2 + 4 \cdot S_t^2}$$

Siendo: $S_t = \frac{M_t}{2 \cdot Z}$

$$S_b = \frac{\sqrt{(i_i \cdot M_i)^2 + (i_o \cdot M_o)^2}}{Z}$$

Donde:

S_b es la resultante de todos los esfuerzos por flexión.

S_t es el esfuerzo torsor.

i es el factor de intensificación de tensiones correspondiente según ASME B.31.3 [5].

M es el momento flector.

Z es el módulo de sección de la tubería que en caso de la reducción en una T reductora se calcula a partir del radio medio del área transversal del ramal o reducción (" r ") y del espesor de pared efectivo en la reducción (" T ") de la siguiente forma:

$$Z = \pi \cdot r \cdot T$$

Los subíndices se refieren a los factores de intensificación de tensiones y momentos flectores dentro (subíndice i), fuera (subíndice o) y en el plano (subíndice t) según se muestra en las figuras 3.1 y 3.2.

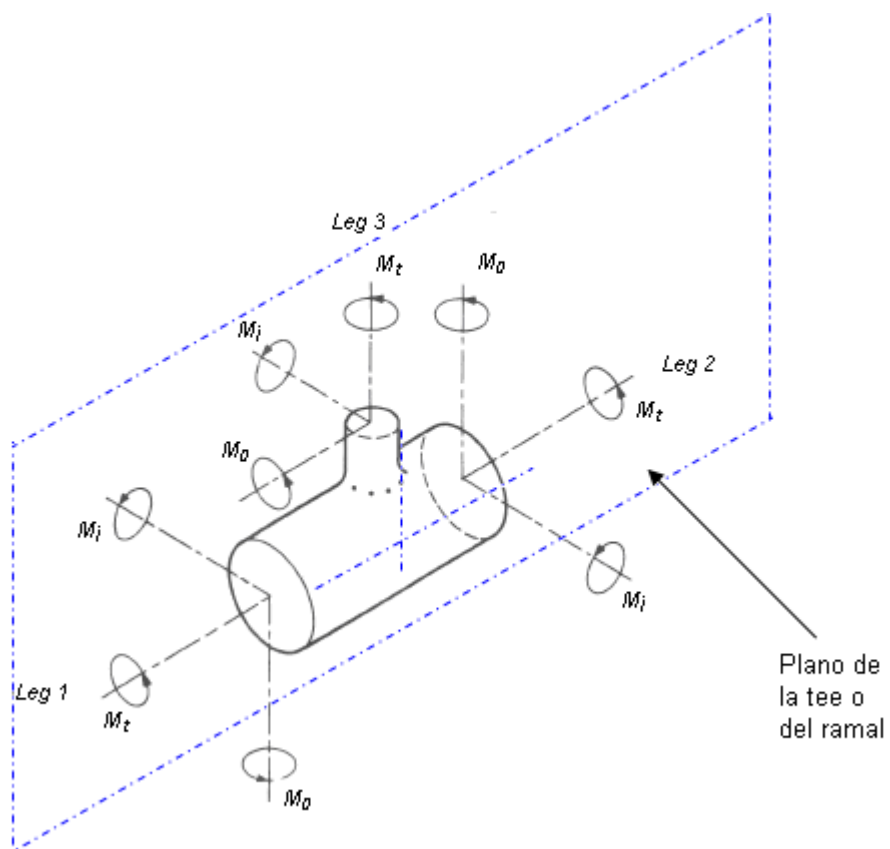


Figura 3.1. Sentido de los momentos sobre una unión en "T".

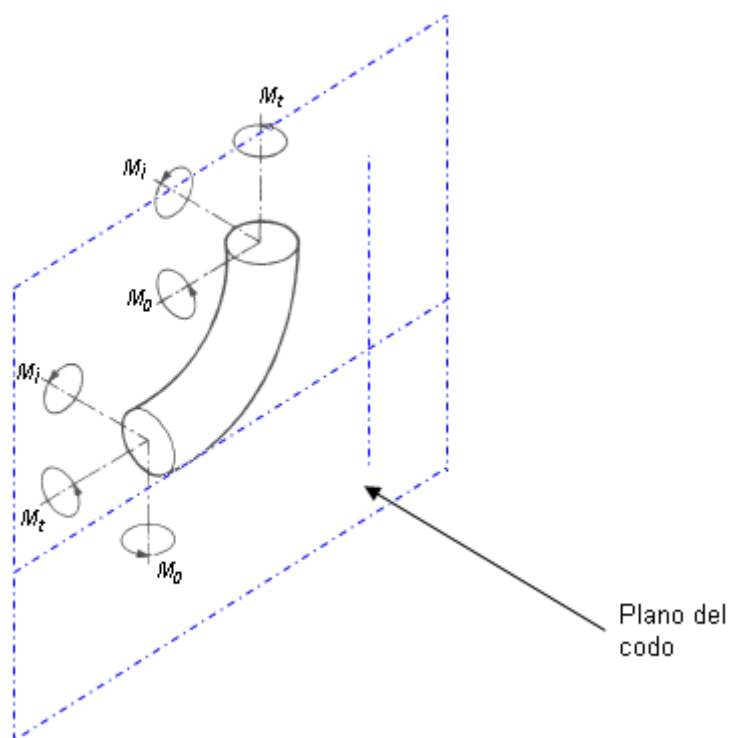


Figura 3.2. Sentido de los momentos sobre un codo.



El esfuerzo admisible con el que hay que comparar el esfuerzo secundario se calcula según ASME B31.3 [5] de la siguiente forma:

$$S_a = f \cdot (1.25 \cdot S_C + 0.25 \cdot S_h)$$

Donde:

S_a es el esfuerzo máximo admisible para los esfuerzos secundarios.

f es un factor de fatiga proporcionado por la norma ASME B31.3 [5]. (Su valor máximo con bajo número de ciclos es de 1.2 para materiales férreos con $S_U \leq 517 MPa$ y con temperatura del metal $\leq 371^\circ C$).

S_C es el esfuerzo básico admisible del material a temperatura ambiente.

S_h es el esfuerzo básico admisible del material a temperatura de estudio.

Si el esfuerzo básico admisible a temperatura de estudio (S_h) es mayor que el esfuerzo sostenido (Sl), se puede añadir la diferencia a la relación anterior de la siguiente forma:

$$S_a = f \cdot (1.25 \cdot S_C + 0.25 \cdot S_h + S_h - Sl) = f \cdot [1.25 \cdot (S_C + S_h) - Sl]$$

3.3.3. Esfuerzos ocasionales o terciarios:

Estos son ocasionados por causas eventuales como su nombre indica. Estas causas pueden ser el viento, sismo, descarga de válvulas de alivio, golpes de ariete y vibraciones. Según ASME B31.3 [5] deben ser comprobados de forma que cumplan la siguiente relación:

$$Sl_{sus} + Sl_{occ} \leq 1.33 \cdot S_h$$

Donde:

Sl_{sus} es el esfuerzo longitudinal debido a las cargas primarias o sostenidas.

Sl_{occ} es el esfuerzo longitudinal debido a las cargas ocasionales.

S_h es el esfuerzo básico permisible a la temperatura de evaluación del material.



3.4. CATEGORIZACIÓN DE LAS TUBERÍAS

La categorización de las líneas consiste en definir qué grado de criticidad tienen para establecer qué tipo de estudio y con qué grado de detalle es necesario realizar [15].

Esta categorización se realiza en última instancia según la experiencia del analista encargado de esta tarea pero en una primera aproximación la categoría de las líneas se establece por las condiciones de operación y diseño (temperatura y presión), los equipos conectados a ellas, el tipo de fluido que transportan, etc.

Esto permite catalogar las líneas en cuatro niveles o categorías, siendo la de mayor grado de criticidad la categoría I y la menos crítica la categoría a IV como se indica a continuación.

3.4.1. Categoría I

Se trata de líneas de alta criticidad que deben ser señaladas al principio del proyecto, realizando incluso estudios previos para tener en cuenta su posible suportación durante el proyecto.

En la ingeniería de detalle se realizarán estudios más minuciosos y definitivos de estas líneas. En esta categoría se incluyen:

- Líneas de alta presión.
- Líneas de transferencia a hornos.
- Líneas de gran diámetro ($\geq 48''$ ó $D/t > 100$).
- Líneas de transporte de fluidos críticos por toxicidad, inflamabilidad, etc., incluidos en la categoría M según ASME B31.3 [5].
- Líneas de gas natural licuado (LNG).
- Líneas con juntas de expansión.
- Líneas con temperaturas superiores a los 400 °C.
- Líneas sometidas a fatiga con más de 22000 ciclos.
- Líneas de categoría II que a juicio del analista deben someterse a un estudio más exhaustivo.



3.4.2. Categoría II

Se trata de líneas con un grado de criticidad menor que las de categoría I pero que en todo caso deben someterse a un análisis formal mediante *software* de simulación. Son las siguientes:

- Líneas conectadas a bombas y compresores alternativos o centrífugos y turbinas que cumplan las siguientes especificaciones:
 - Diámetro nominal menor a 3" y temperatura de diseño mayor que 65°C ó menor que 6°C.
 - Diámetro nominal mayor a 12" y temperatura de diseño mayor que 50°C ó menor que 6°C.
- Líneas conectadas a enfriadores por aire.
- Líneas conectadas a recipientes a presión.
- líneas conectadas a hornos y calderas.
- Líneas sometidas a vibraciones.
- Líneas sometidas a fatiga con menos de 22000 ciclos.
- Líneas conectadas a cajas frías.
- Líneas conectadas a equipos de aluminio.
- Líneas sometidas a cargas ocasionales importantes y que requieran de algún análisis dinámico.

3.4.3. Categoría III

Las líneas de esta categoría deben ser analizadas pero será suficiente con un cálculo manual sin necesidad de usar simulaciones por ordenador. Sin embargo, si los cálculos dan como resultado la necesidad de realizar cambios en el diseño de la línea, sí habrá que avalar esos cambios con un cálculo formal por ordenador ya que los métodos manuales son más conservadores y un cálculo más formal puede evitar que se realicen cambios de diseño innecesarios. Los tipos de métodos de estudio se verán en el apartado 3.5. En la categoría III se incluyen las siguientes líneas:

- Todas las líneas conectadas a equipos sensibles que no estén incluidas en la categoría II.
- Líneas catalogadas como *Power Plant Piping* según ASME B31.1 [4].



3.4.4. Categoría IV

En esta categoría se incluyen las líneas que necesitan únicamente un análisis visual como son:

- Líneas que sustituyan a líneas existentes sin cambios significativos.
- Líneas con arreglos iguales a otras existentes en la planta y con las mismas condiciones de operación y diseño.
- Líneas que por semejanza a estudios previos pueda desestimarse efectuar un nuevo cálculo.

3.5. MÉTODOS DE ESTUDIO

Para realizar el análisis de flexibilidad de un sistema de tuberías que necesita, por su categoría, la realización de un cálculo formal y unos resultados precisos, se dispone de métodos de análisis mediante *software* especializado como “CAE PIPE”, “FE PIPE” o “CAESAR II”.

Estos programas, internamente, se basan en el estudio de esfuerzos tal y como se indicó en el apartado 3.3. Por esto, es fundamental que un buen analista de flexibilidad conozca esa base teórica, para poder realizar una introducción de datos correcta al programa así como un buen análisis de los resultados que se obtendrán del cálculo.

Además de los métodos computerizados, existen los siguientes métodos manuales que pueden ser suficientes para el análisis de una línea si por su categoría de criticidad así se considera.

Por lo general, los métodos manuales son métodos más conservadores que los métodos computerizados debido a que el cálculo es menos detallado y necesita un margen de seguridad mayor. A continuación se describen algunos de los métodos manuales más útiles.

3.5.1. Método “Simple” de la norma ASME B31.3

La norma ASME B31.3 [5] proporciona una expresión empírica que se utiliza en sistemas uniformes con no más de dos puntos de fijación. Esta expresión permite comprobar si un sistema es flexible.



Para asegurar que un sistema es flexible se debe cumplir la siguiente relación:

$$\frac{D \cdot y}{(L - U)^2} \leq K_1$$

Donde:

D es el diámetro exterior de la tubería [mm] ó [pulg.]
 y es la resultante de la expansión total [mm] ó [pulg.] (en caso de que exista desplazamiento de los puntos de anclaje se tendrá en cuenta en los incrementos de longitud en cada eje según corresponda). El cálculo de esta expansión total se realiza de la siguiente forma:

$$y = (\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2)^{1/2}$$

L es la longitud total de tubería entre dos anclajes [m] ó [pies].
 U es la distancia en línea recta entre los dos anclajes [m] ó [pies].
 K_1 es una constante cuyo valor es igual a 208000 Sa/Ea (mm/m)² ó 30 Sa/Ea (pulg/pies)². Para una temperatura de referencia de 21°C (70°F) se tiene para los aceros un valor de esta constante igual a 208 en unidades internacionales y 0.03 para unidades inglesas.

Como se ve en la expresión, un mayor diámetro supone una tubería menos flexible y por lo tanto que es capaz de absorber menos expansión térmica.

La diferencia entre la longitud de tubería y la distancia entre los extremos es una forma de cuantificar los tramos de tubería que se sitúan perpendicularmente a la dirección de la expansión térmica. Si la tubería es demasiado recta entre los dos anclajes, será también menos flexible.

Este método no permite calcular numéricamente esfuerzos o cargas ya que, como se ha visto, se basa en una expresión empírica que consiste en una comprobación basada en la geometría de la tubería, sin realizar ningún cálculo de esfuerzos.



3.5.2. Método de Quy Truong

Es un método que también dispone de ecuaciones con factores empíricos y que está basado en las siguientes consideraciones:

- Los sistemas deben ser de espesor uniforme, con dos puntos de fijación sin restricciones intermedias, con tramos rectos y cambios de dirección de 90°.
- Se tiene en cuenta que la expansión térmica en un brazo debe ser absorbida por el brazo perpendicular siendo la expansión que un brazo puede absorber inversamente proporcional a su rigidez.
- No deben existir ramales. En caso de existir ramales, deberán ser de diámetro menor a la mitad del diámetro del cabezal para poder ser despreciado el efecto que estos causan.
- Los esfuerzos máximos que se pueden generar en los sistemas cuando se conectan a distintos equipos varían.

Con estas premisas se tienen dos expresiones para calcular el brazo necesario, perpendicular a la dirección de la expansión térmica:

- Para líneas conectadas a recipientes o líneas situadas en *racks*:

$$L = 7.2 \cdot \sqrt{\Delta \cdot D}$$

- Para líneas conectadas a bombas o compresores:

$$L = 12.45 \cdot \sqrt{\Delta \cdot D}$$

Donde,

L	es la longitud del brazo perpendicular necesario [pies]
Δ	es la expansión de la tubería [pulg.]
D	es el diámetro exterior de la tubería [pulg.]

Existen otros métodos que permiten calcular los esfuerzos en las restricciones como el método del *Guided Cantilever*, sin embargo, en la práctica, cuando es necesario cálculo de esfuerzos en restricciones por ser boquillas de equipos o casos similares, se recurre a cálculos formales con sistemas de simulación informática. De esta forma, con los métodos descritos anteriormente es suficiente para un primer chequeo de las líneas de criticidad baja que admiten un simple cálculo manual.

3.5.3. Ejemplo de cálculo según métodos manuales

3.5.3.1. Enunciado

A continuación se muestra un ejemplo de una línea analizada por los métodos manuales descritos en los apartados 3.5.1 y 3.5.2. Se trata de una línea de *rack*, de 12" de diámetro nominal, de acero al carbono ASTM A106 Gr.B, con temperatura de operación de 300°F y una temperatura ambiente de 70°F, con la geometría indicada en la figura 3.3 en la que se indican además los desplazamientos existentes en los anclajes cuando la línea opera.

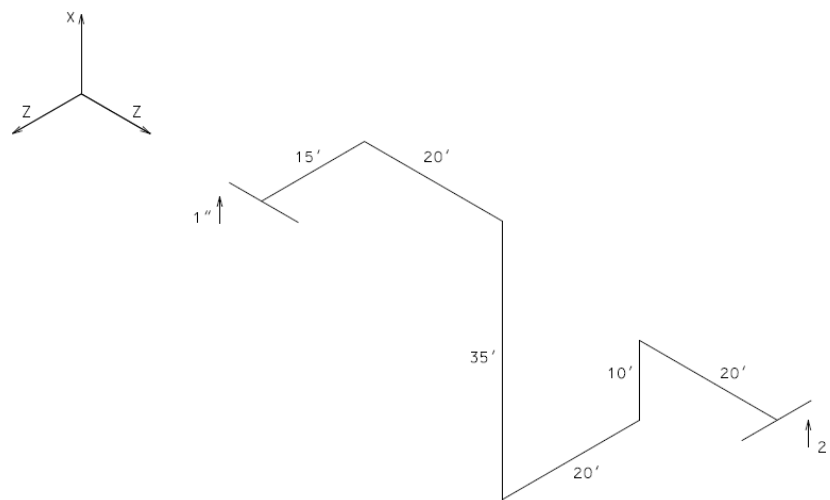


Figura 3.3. Ejemplo para cálculo por métodos manuales.

3.5.3.2. Resolución por el método "Simple" del ASME B 31.3

En primer lugar se realizará la comprobación según el método "Simple" del ASME B31.3 [5] expuesto en el apartado 3.5.1 y que se basa en la siguiente expresión:

$$\frac{D \cdot y}{(L - U)^2} \leq K_1$$

Para la aplicación del método se tiene, según el enunciado, un diámetro nominal de 12". Esto supone un diámetro exterior de 12.75" [2].

La longitud total de tubería, sumando todos los tramos (ver figura 3.3), se calcula a continuación:

$$L = (15' + 20' + 35' + 20' + 10' + 20') = 120'$$



Para calcular la expansión total se debe conocer el coeficiente de expansión del material. Según el enunciado se trata de un acero al carbono ASTM A106 Gr.B. En la norma ASME B31.3 anexo A [5] se indica que el coeficiente de expansión para las condiciones de temperatura de este caso es de 0.0182 pulg/pie. Por tanto, sumando los tramos eje a eje (ver figura 3.3) y multiplicando por ese coeficiente de expansión se tienen las siguientes expansiones térmicas:

- En el eje x:

$$\Delta x = (20' + 20') \cdot 0.0182 \text{ pulg/pie} = 0.728''$$

- En el eje y:

$$\Delta y = (2'' - 1'') + ((35' - 10') \cdot 0.0182 \text{ pulg/pie}) = 1.455''$$

- En el eje z:

$$\Delta z = (15'' + 20'') \cdot 0.0182 \text{ pulg/pie} = 0.637''$$

De este modo la expansión total calculada es la siguiente:

$$y = (\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2)^{1/2} = 1.747''$$

La distancia en línea recta entre los anclajes se calcula a partir de la geometría de la línea (ver figura 3.3) y tiene el siguiente resultado:

$$U = ((20' + 20')^2 + (35' - 10')^2 + (15' + 20')^2)^{1/2} = 69.64'$$

La constante según la formulación del propio método (ver apartado 3.5.1) tiene el siguiente valor para las unidades inglesas con las que se está trabajando:

$$K_1 = 0.03$$

Con todos los datos obtenidos y calculados se realiza la comprobación del método obteniendo el siguiente resultado:

$$\frac{D \cdot y}{(L - U)^2} = 0.009 \leq 0.03 = K_1$$

Al cumplirse la expresión empírica del método, se puede considerar que la línea es suficientemente flexible para las condiciones de operación del ejemplo.



3.5.3.3. Resolución por el método de Quy Truong

El método de Quy Truong se basa en calcular la longitud del brazo, perpendicular a la expansión, que es necesaria para absorber dicho desplazamiento. Para la línea de *rack* del ejemplo, el método aplica la siguiente expresión:

$$L = 7.2 \cdot \sqrt{\Delta \cdot D}$$

El diámetro exterior de la tubería son 12.75" ya que es el diámetro exterior estandarizado para una tubería con diámetro nominal de 12" [2].

Se necesitan las expansiones térmicas eje a eje que ya se calcularon para la comprobación por el método "Simple" del ASME B31.3 a partir del material (ASTM A106 Gr.B) y la geometría de la línea (ver figura 3.3). Los resultados de esas expansiones térmicas calculadas fueron los siguientes:

- En el eje x: $\Delta x = 0.728''$
- En el eje y: $\Delta y = 1.455''$
- En el eje z: $\Delta z = 0.637''$

Con todos los datos obtenidos se aplica el método para calcular el brazo mínimo perpendicular necesario para la expansión en cada eje. Esto arroja los siguientes resultados:

- Para la expansión en el eje x se necesita un brazo perpendicular con la siguiente longitud mínima:

$$L = 7.2 \cdot \sqrt{0.728'' \cdot 12.75''} = 21.94''$$

- Para la expansión en el eje y se necesita un brazo perpendicular con la siguiente longitud mínima:

$$L = 7.2 \cdot \sqrt{1.455'' \cdot 12.75''} = 31.01''$$

- Para la expansión en el eje z se necesita un brazo perpendicular con la siguiente longitud mínima:

$$L = 7.2 \cdot \sqrt{0.637'' \cdot 12.75''} = 20.52''$$



La longitud de brazo disponible para cada expansión resulta de la suma de todos los brazos perpendiculares al eje en que se produce dicha expansión. De esta forma, para la expansión en el eje x se tiene un brazo de 80" disponible, para la expansión en el eje y se tiene un brazo disponible de 75" y para la expansión en el eje z se tiene un brazo disponible de 85".

En los tres casos, el brazo disponible es mayor al brazo mínimo necesario. Por tanto, según el método de Quy Truong, el sistema es suficientemente flexible para las condiciones de operación planteadas en el ejemplo.

3.6. ANÁLISIS DE SISTEMAS DE TUBERÍAS

La realización de un análisis de flexibilidad en un sistema de tuberías es un trabajo que supone el manejo de muchos conceptos y, sobre todo, mucha información por lo que el analista debe tener siempre en la cabeza los siguientes pasos que eviten la pérdida de información o errores en el estudio.

3.6.1. Recopilación de información

Se necesitan una serie de datos para realizar el análisis de flexibilidad como son la morfología del sistema, las condiciones de operación y diseño, información de posibles puntos dónde poder soportarse, las cargas admisibles en boquillas de equipos, los desplazamientos iniciales en determinados equipos, los pesos de válvulas e instrumentos y normas con las que debe trabajar.

Estos datos se obtendrán de los diagramas de tuberías e instrumentos (P&ID's), de las listas de líneas, de los modelos de tuberías, de los planos isométricos, de las especificaciones del proyecto concreto, de los planos de equipos y de los planos de estructuras.

Es importante que el analista se familiarice con esta información al iniciarse el proyecto ya que será imprescindible a la hora de realizar sus estudios posteriores.



3.6.2. Asignación de las categorías

Siguiendo los criterios que se indicaron en el apartado 3.4 se realizará la categorización de cada una de las líneas de la lista de líneas

3.6.3. Definición de los sistemas a analizar

Se deberá hacer una selección de los sistemas a estudiar, es decir, agrupar las líneas en sistemas mayores. Al definir sistemas se pueden cambiar las categorías de las líneas que se crean convenientes.

3.6.4. Realización del isométrico de flexibilidad

Las líneas a estudiar vendrán representadas en los planos isométricos (representación geométrica de la línea en vista isométrica) que suponen el punto de inicio de los estudios. Estos planos isométricos tendrán que ser completados con la información necesaria para el estudio.

Esto supondrá colocar las condiciones de borde, los pesos de válvulas e instrumentos, verificar las condiciones de operación y diseño que presenta el plano recibido así como el espesor de aislamiento, añadir la corrosión permitida según las especificaciones y chequeo del resto de información de materiales que aparece en el plano.

3.6.5. Colocación de restricciones

Según los criterios de suportación que se presentan en el siguiente apartado 3.7 y con los planos de estructuras, se realizará una disposición preliminar de restricciones que será validada o no por los resultados del análisis.

3.6.6. Análisis estático.

Tras los pasos anteriores se realizará el análisis del sistema. En caso de tratarse de sistemas que necesitan cálculo formal, los informes que deben ser verificados son los siguientes:



3.6.6.1. Esfuerzo sostenido.

Si existe fallo del material por esfuerzo sostenido, el soportado alrededor del punto de fallo es insuficiente. Si soportando suficientemente la tubería sigue fallando el esfuerzo sostenido, se tratará de un mal dimensionado de la tubería para la presión de operación por lo que habrá que comunicárselo a los responsables de materiales para que verifiquen sus cálculos de espesores.

El rango deseado para los esfuerzos sostenidos para asegurar el buen estado del sistema y evitar una sobre suportación sería entre el 75% y el 80% del S_h (esfuerzo básico permisible a la temperatura de evaluación del material).

3.6.6.2. Esfuerzo por expansión

Si se produce un fallo del material por esfuerzos de expansión, el sistema no es lo suficientemente flexible. En ese caso habrá que comprobar en qué puntos se produce la falla y estudiar si se puede dar más flexibilidad al sistema con la modificación de las restricciones ya que puede ser que la colocación de guías demasiado cerca de los codos impida que el sistema absorba sus desplazamientos.

Si sigue fallando, se puede recurrir a cambiar el módulo de elasticidad del material en frío por el módulo en caliente. Incluso se podrá aumentar el esfuerzo admisible en un factor de 1.2 si se cumplen las premisas del apartado 3.3.2.

En caso de que estas soluciones no den resultado, será necesario un cambio de diseño en la línea que aumente su flexibilidad, aumentando los brazos, usando lazos de expansión o con juntas de expansión si el proyecto lo permite. El uso de estas soluciones será detallado en el apartado 3.8.

El rango deseado para los esfuerzos de expansión se sitúa por debajo del 85% o el 90% del S_a (esfuerzo máximo admisible para los esfuerzos secundarios).



3.6.6.3. Esfuerzo ocasional

Si existe fallo del material por este esfuerzo será necesario añadir restricciones que lo aminoren.

Por lo general, si el efecto ocasional se trata de viento será necesario añadir guías y si se trata de sismo suele ser necesario añadir algún anclaje direccional o *stop*.

La evaluación de los efectos ocasionales se realiza en condiciones de operación y analizando las consecuencias de cada efecto ocasional de forma individual ya que, según la norma ASME B31.3 [5], no se evalúan dobles contingencias que llevarían a sobredimensionar los elementos de forma excesiva.

Una buena práctica supone asegurar que este esfuerzo se sitúa por debajo del 90% de $1.33 S_h$, como se indicó en el apartado 3.3.3.

3.6.6.4. Cargas en las restricciones

Se chequearán las cargas en las restricciones tanto en prueba hidrostática, operación, diseño y casos de cargas ocasionales.

Se debe verificar que la línea apoya en todos los puntos de soporte y, en caso de no ser así, analizar en qué caso de carga es y si es asumible (hay soportes que solo apoyan en prueba hidrostática pero son imprescindibles para ese caso de carga).

Es necesario chequear también que las cargas no sean excesivas en los apoyos y en las guías ya que posteriormente se deberán diseñar los soportes que van a materializar esas restricciones.

En caso de no poderse evitar unas cargas elevadas se indicará especialmente para que se tenga en cuenta en el diseño de los elementos que materializarán su posterior soportado.



3.6.6.5. Desplazamientos

El informe de desplazamientos es necesario evaluarlo tanto para el caso de cargas sostenidas como para los casos de operación y diseño.

Aunque la seguridad del material se confirma al realizar las comprobaciones anteriores, existen criterios para establecer unos desplazamientos máximos, sobre todo en lo que respecta al desplazamiento vertical que puede producir pandeo excesivo en tramos de tubería horizontales.

Este pandeo puede alterar las condiciones supuestas por los ingenieros de proceso al crearse sifones o retornos de fluido que no estaban previstos. Además, el criterio estético también influye a la hora de establecer en las especificaciones un desplazamiento máximo que no deberá ser sobrepasado en el informe de desplazamientos.

En cuanto al desplazamiento horizontal se debe asegurar que la expansión térmica de las líneas no provocará choques con estructuras u otros elementos que creen restricciones no previstas. También será necesario evitar que haya choques entre líneas paralelas haciendo previsiones de los casos más desfavorables en operación que pudiesen darse para este efecto.

3.6.7. Cargas sobre boquillas

De los informes obtenidos anteriormente del análisis estático se deberán analizar con mayor detalle las cargas sobre las boquillas de los equipos conectados a la línea analizada. Estas cargas no deberán superar los valores considerados como admisibles por las normas o por el fabricante.

Si las cargas son excesivas deberá probarse un cambio en las restricciones planteadas a la línea como primera solución y, si con el diseño actual es imposible rebajar las fuerzas sobre el equipo, deberá plantearse un cambio en el diseño de la línea para mejorar su flexibilidad y por tanto rebajar las cargas en las conexiones.

En determinados casos con un nivel de criticidad alto se podrá plantear al fabricante un refuerzo en su equipo para aumentar las cargas admisibles en las conexiones al mismo.



3.6.8. Acciones correctivas

Fruto del análisis y de las comprobaciones mencionadas anteriormente, es posible que sean necesarias unas acciones correctivas que se han ido mencionando en cada punto en el que pudiera surgir algún problema a solucionar. Es el caso de los cambios de diseño, uso de lazos y juntas de expansión, cambios en la orientación y posición de equipos.

La modificación de la posición u orientación de los equipos se tomará como último recurso ya que la implantación de los equipos se realiza en una fase muy temprana del proyecto y es complicada una aprobación en la modificación de esa posición por cuestiones de flexibilidad.

3.6.9. Transferencia de información

Del análisis de flexibilidad se extrae una información que es necesario comunicar a otras disciplinas.

Se trata de las cargas sobre los puntos de soporte, tipo de restricciones en cada punto de soporte, cargas sobre boquillas y su comparación con las admisibles a modo de aprobación, y acciones correctivas a realizar antes de validar la línea por flexibilidad y dar el visto bueno para su suportación.

Toda la información se completará en el plano isométrico de flexibilidad ya que es de este documento del que la disciplina correspondiente (soportes si el análisis no ofrece problemas o diseño si son necesarias acciones correctivas) tomará la información.

3.7. CRITERIOS DE SOPORTADO

Para realizar un buen análisis de flexibilidad es necesario que se tengan en cuenta unos criterios de soportado, ya que en caso contrario no será posible una buena colocación de restricciones previa [1, 2, 16 Y 17].

Estos criterios se presentan en tres grandes bloques: los generales de aplicación en todos los estudios, los relacionados a soportes sobre estructuras existentes que pertenecen al departamento de ingeniería civil, y los relacionados con líneas que van conectadas a equipos.



3.7.1. Criterios generales

Se deberá realizar un buen soportado en las proximidades de puntos de concentración de cargas como válvulas, juntas bridadas, etc.

Se tendrá en cuenta que la suportación debe ser adecuada para la prueba hidrostática, indicando en el plano isométrico además si es necesario algún soporte temporal en los puntos en que se haya previsto un soporte tipo resorte para la operación de la línea debido a que la carga en prueba hidrostática no pueda ser soportada por el *pin* de bloqueo del propio resorte.

Es necesario que el soportado sea adecuado para mantener los criterios de máxima flecha admisible en las bases del proyecto.

Las líneas de diámetros grandes (típicamente mayores de 16") deberán ser analizadas desde el punto de vista del aplastamiento que sufre la línea y, en caso de que este aplastamiento sea excesivo se colocarán cunas o silletas, dependiendo del caso, en los puntos de apoyo.

En las líneas grandes se calculará, también, la fricción sufrida en los anclajes direccionales o *stops*.

Si se considera algún soporte que se deba ser diseñado con *trunnions* (ver apartado 4.2.6), estos deberán ser representados en los estudios de estrés debido a que el efecto del soporte no es el mismo si se coloca sobre la línea directamente o sobre un *trunion*.

En líneas de criticidad baja y cargas débiles en los puntos de soporte, el modelado de los soportes que se deban construir con *trunnions* puede despreciarse y se puede suponer la restricción sobre la propia tubería.

Para evitar la alteración indeseada de las uniones soldadas, la distancia entre la soldadura de un soporte a la tubería y una soldadura circunferencial en la misma no será menor de 50 milímetros si el espesor del tubo no supera la media pulgada. Si es mayor, ese límite pasa a ser cuatro veces el espesor.



3.7.2. Soportes sobre elementos de ingeniería civil

Las cargas altas (mayores a 250 Kg/m^2) sobre plataformas deberán ser comunicadas a los encargados de la ingeniería civil para su aprobación.

En caso de que un punto de soporte requiera una estructura que exceda de los límites de cargas o dimensiones previstos por los estándares de soportes se deberá recurrir igualmente a los responsables de ingeniería civil para que ellos prevean algún tipo de estructura para ese punto de soporte.

Se intentará evitar someter a torsión las vigas del *rack* o de cualquier otra estructura al adosar elementos de suportación a ellas. En caso de que esto sea imprescindible se realizarán las comprobaciones necesarias para plantear la posibilidad de reforzar el perfil de la estructura existente con rigidizadores.

En los *racks* además se deberán disponer guías para evitar los movimientos laterales por acción del viento. La separación máxima para estas guías se considerará según los siguientes criterios:

- Para tuberías con diámetro nominal menor o igual a 8", la separación máxima entre las guías será de 12 metros.
- Para tuberías con diámetro nominal mayor que 8" y menor o igual a 24", la separación máxima entre las guías será de 18 metros.
- Para tuberías con diámetro nominal mayor de 24", la separación máxima entre las guías será de 24 metros.

En los durmientes se consideran las mismas separaciones máximas planteadas anteriormente.

La única diferencia es que para líneas de 2" y 3" se guiará en todos los puntos de apoyo ya que al ir a nivel del suelo es posible que los operarios de la planta caminen por encima o puedan golpear las líneas provocando que éstas se salgan de los lineamientos. Sin embargo permanecerán sin guiar los apoyos cercanos a cambios de dirección para permitir que la línea tenga suficiente flexibilidad para absorber la expansión térmica.



3.7.3. Soportes en líneas conectadas a equipos

Existe la posibilidad de realizar un soportado sobre los propios equipos, pero nunca si se trata de intercambiadores, reactores y regeneradores.

Se deberán proteger las boquillas de los equipos colocando guías cercanas que eviten momentos en las boquillas y anclajes direccionales que aíslen el sistema del resto de la tubería.

En las estaciones de control existirá un anclaje en el primer codo estando el segundo guiado.

En los equipos pulsantes (compresores y bombas alternativos) no se podrán utilizar soportes tipo resorte ya que el sistema sería inestable. Los apoyos comunes también deben evitarse de forma que se utilicen soportes antivibratorios. Se deben disponer de forma que no estén todos a la misma distancia unos de otros para evitar fenómenos de resonancia [9].

En los tanques se debe tener en cuenta el tamaño de la válvula colocada en la boquilla así como el asentamiento periférico del tanque para la colocación del primer apoyo. El asentamiento, así como las condiciones temporales del mismo será determinado por un estudio del suelo y se tomarán esos datos para el análisis. En muchas ocasiones, si el asentamiento es muy grande, se recomienda utilizar soportes tipo resorte en los primeros puntos de apoyo [11].

En equipos rotativos se colocará un soporte lo mas cercano posible a las boquillas. Se tratará de un soporte ajustable para posibilitar el alineamiento de la tubería con la boquilla y evitar desajustes. En caso de que el equipo sea grande y su asentamiento no sea despreciable se deberá disponer el primer soporte sobre la misma fundación que el equipo para igualar desplazamientos. Si no es posible se colocará un soporte tipo resorte en el primer punto de apoyo [6 y 8].

En las torres el primer apoyo debe ser colocado lo más cercano a la boquilla para que el diferencial de expansión entre el equipo y la tubería sea el menor posible. Hay que tener en cuenta que si un soporte se realiza desde el propio equipo tendrá un desplazamiento asociado a la expansión térmica del mismo. A continuación de ese primer apoyo se colocarán guías que soporten la acción del viento y sismo.



3.8. RECURSOS PARA GRANDES DESPLAZAMIENTOS

Al hablar de grandes desplazamientos se están considerando éstos como aquellos que exceden los admisibles indicados por las especificaciones del proyecto. En caso de no disponer de unos límites especificados existen unos límites lógicos indicados a continuación que se podrán tomar como referencia.

En los cambios de dirección horizontales en los *racks*, habrá que asegurar que la línea no choque con otras líneas paralelas o con otros elementos cercanos al cambio de dirección. Por lo general se diseñan las líneas en paralelo con una separación de 50 milímetros entre paredes o entre paredes de aislamiento según éste exista o no. En caso de no poderse modificar este diseño típico, esa distancia de 50 milímetros será el límite a considerar.

Si se trata de un cabezal sin ningún elemento cercano en su línea de acción, se podrá dejar que se expanda libremente sin límite. La única excepción se daría en el caso de que los ramales conectados a dicho cabezal no puedan soportar el desplazamiento sufrido por este último en el punto de conexión.

Si se trata de una línea con un cambio de dirección en la vertical, se aceptará como límite un desplazamiento de 150 milímetros en sus extremos.

En la práctica, los problemas con los grandes desplazamientos se dan en tuberías que están sobre *racks* o en líneas de gran longitud sobre durmientes y su solución pasa por el empleo de lazos o juntas de expansión.

3.8.1. Lazos de expansión

Si la expansión excede de los límites admisibles se puede recurrir a modificar el diseño de la línea añadiendo lazos de expansión [2].

Estos lazos se dimensionan de tal forma que, a temperatura de diseño, no tengan que absorber más de 300 milímetros. El motivo es que empíricamente se conoce que a partir de esa expansión la tensión en los codos es excesiva. Con ese límite se determina cuántos lazos deben ser añadidos a nuestro tramo recto. Una vez determinado el número de lazos, se distribuyen y se independizan expansiones con anclajes direccionales de forma que se conoce la expansión que debe absorber cada lazo. Se debe intentar una distribución lo más uniforme posible para diseñar lazos iguales y al ser posible simétricos.

Conocida esta expansión, utilizamos la gráfica de la figura 3.4 para dimensionar cada uno de los lazos.

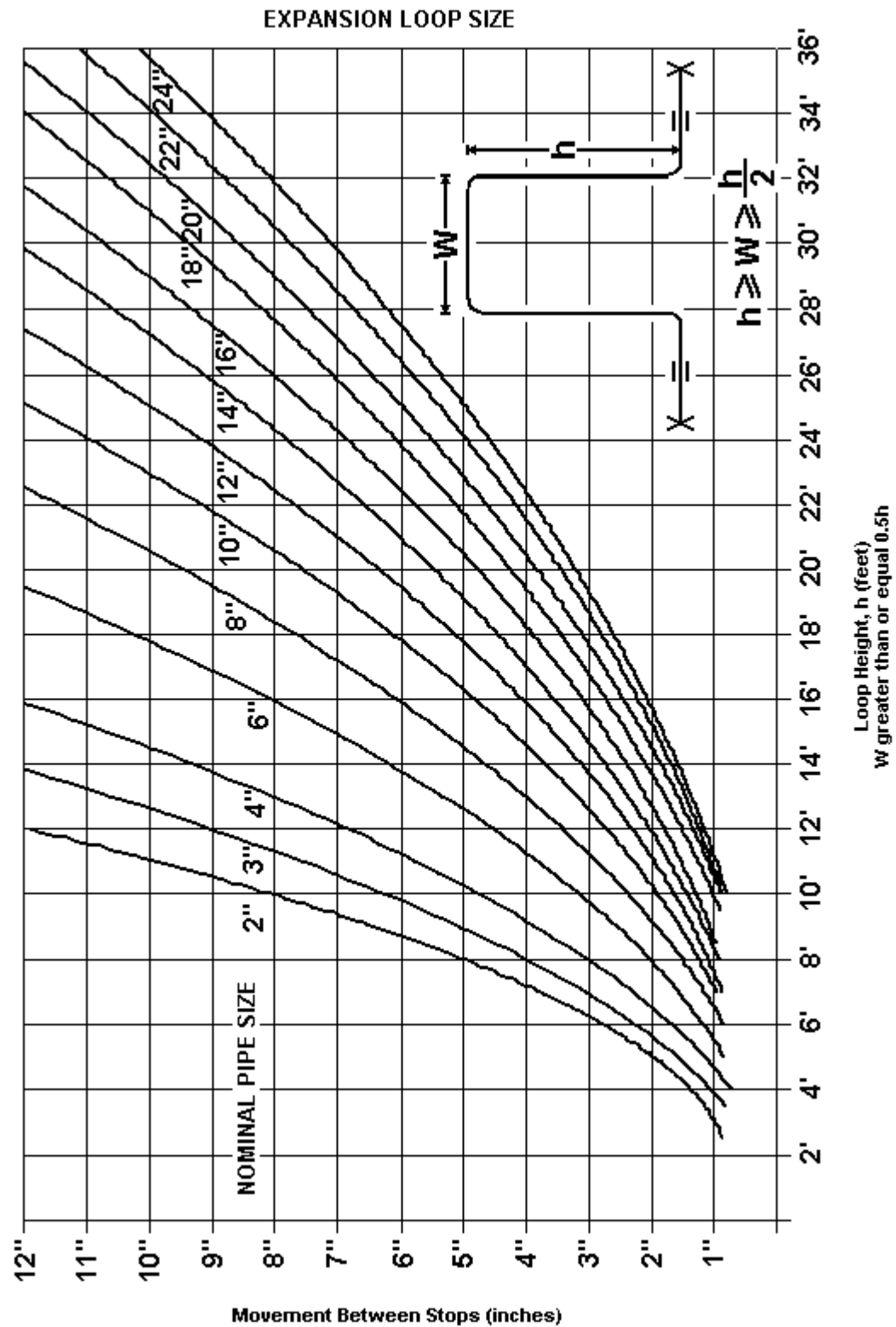


Figura 3.4. Dimensionamiento de lazos de expansión

Al dimensionar los lazos debe tenerse en cuenta también el ancho del *rack* si se trata de una línea que va por él ya que no se debe sobresalir más de 1.5 metros por fuera para evitar tener soportes en voladizo demasiado grandes.

Si los lazos son excesivamente grandes se recurrirá a poner más lazos que serán de menor tamaño al diseñarse para menor expansión absorbida por cada uno de ellos.

En ocasiones se pueden hacer arreglos estructurales que hagan que se pueda ser más permisivos a la hora de sacar un lazo por fuera del *rack*, como es el caso del lazo de la figura 3.5.



Figura 3.5. Ejemplo de lazos de expansión.

En líneas en paralelo deben diseñarse los lazos anidados para favorecer el soportado de todas ellas. En la figura 3.5 también se aprecian los lazos anidados de varias líneas de forma que se ha diseñado un arreglo estructural común para todas ellas.

En el caso de los lazos anidados, deberá tenerse muy en cuenta el desplazamiento de cada una de las líneas en los cambios de dirección para evitar choques incluso en las combinaciones más desfavorables.

Los lazos pueden ser tridimensionales si por parte de los ingenieros de proceso no existe ninguna restricción en este sentido para la línea.

En el caso de tener lazos tridimensionales, según se muestra en la figura 3.6, se tendrán dos tramos perpendiculares en cada brazo del lazo de forma que la suma de ambos sea como mínimo el brazo perpendicular “h” indicado por la gráfica de la figura 3.4.

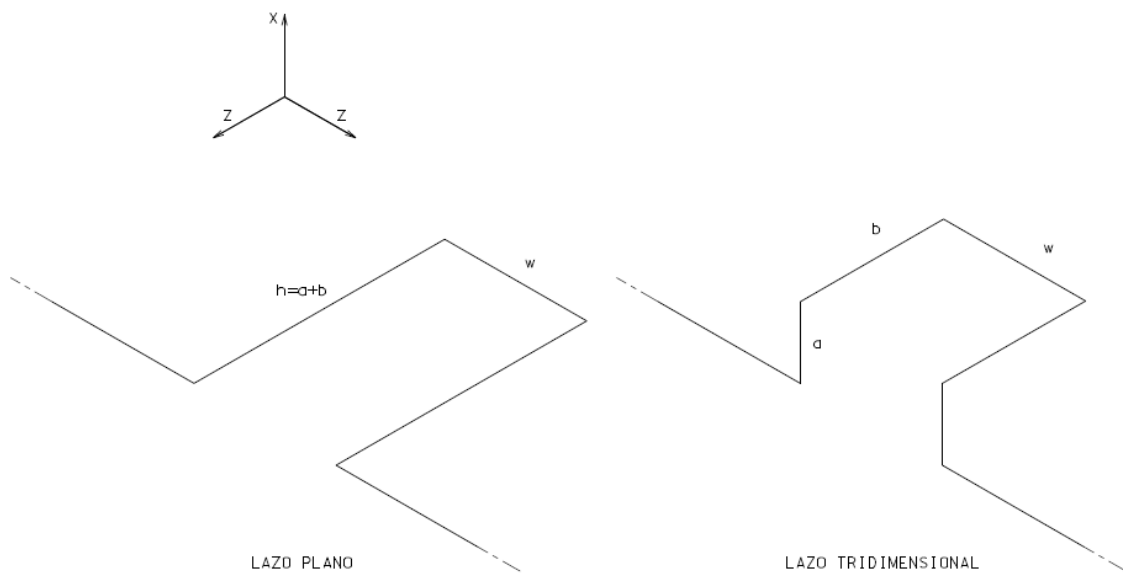


Figura 3.6. Lazos planos y tridimensionales

Esta forma de dimensionar los lazos de expansión, como todos los métodos manuales, es muy conservadora y da como resultado lazos sobredimensionados que pueden ser ajustados con un cálculo formal posterior.

3.8.2. Juntas de expansión

Las juntas de expansión se utilizan en aquellos casos en los que las exigencias del proceso o la falta de espacio no permitan diseñar lazos. Su uso es el último recurso ya que es un elemento de alto coste y difícil manejo tanto en ingeniería como en construcción para que sus efectos sean los deseados sin causar problemas [14]. En la figura 3.7 se muestra un ejemplo para la apreciación de la complejidad en el manejo de estos elementos.



Figura 3.7. Ejemplo de junta de expansión.

Existen juntas de expansión de tejido, empleadas en tuberías y conductos de muy baja presión y que soportan bien temperaturas elevadas. Es el caso de la junta de la figura 3.8.

Las juntas de goma no pueden ser usadas a temperaturas elevadas al igual que tampoco soportan bien altas presiones. Sin embargo, sí pueden ser usadas para condiciones de vacío. Su uso en muchos casos se decide por su capacidad para absorber vibraciones. En la figura 3.9 se muestra un ejemplo.



Figura 3.8. Junta de expansión de tejido.



Figura 3.9. Junta de expansión de goma.

Como elemento mas conocido y de más amplio rango de utilización están las juntas de expansión metálicas como las presentadas en la figura 3.10. Soportan bien rangos mayores de temperatura y presión, absorbiendo movimientos axiales, laterales o angulares, pero de forma que solo actúe uno de ellos ya que cada junta esta diseñada para absorber uno de los tipos, no existiendo junta que absorba los tres efectos simultáneos.



Figura 3.10. Juntas de expansión metálicas.

En todos los casos, se debe evitar someter a una junta de expansión a esfuerzos de torsión ya que la finalidad para la que están diseñadas hace que su construcción sea de tal forma que no soportan esos efectos.

3.9. ESTUDIO DE EQUIPOS

A la hora de realizar un análisis de flexibilidad es importante tener en cuenta qué equipos están conectados a las líneas para realizar las consideraciones necesarias en el estudio. A continuación se presenta la forma de abordar un estudio dependiendo de los equipos que intervengan en él.

3.9.1. Equipos a presión

Estos equipos se rigen por la normativa ASME B31.3 [5]. Las cargas admisibles deberán aparecer en los planos del equipo o serán proporcionadas por el fabricante y vendrán dadas como cargas máximas en la conexión o como cargas máximas en la soldadura de la boquilla a la carcasa. Se deberá tener en cuenta este dato para saber en qué punto calcular las cargas para la comprobación.

Estos equipos sufren dilatación térmica y por tanto un desplazamiento en la posición de sus boquillas. Este desplazamiento se debe calcular e incluir como condición de borde en los estudios. El cálculo de los desplazamientos es distinto si se trata de un equipo vertical u horizontal dadas las diferencias constructivas entre ambos.

Para equipos horizontales aparece un apoyo anclado y otro deslizante. Mediante un estudio del equipo y sus conexiones, se elabora un perfil de temperaturas y un posterior cálculo de las expansiones por tramos según el perfil elaborado. En la figura 3.11 aparece un perfil de temperaturas de un equipo calculado a partir del conocimiento de las temperaturas en las conexiones. Además, se incluye el sentido del desplazamiento de cada boquilla mediante flechas. Como se puede apreciar, se calcula una temperatura media entre las conexiones para el cuerpo y se deja cada boquilla a su temperatura correspondiente.

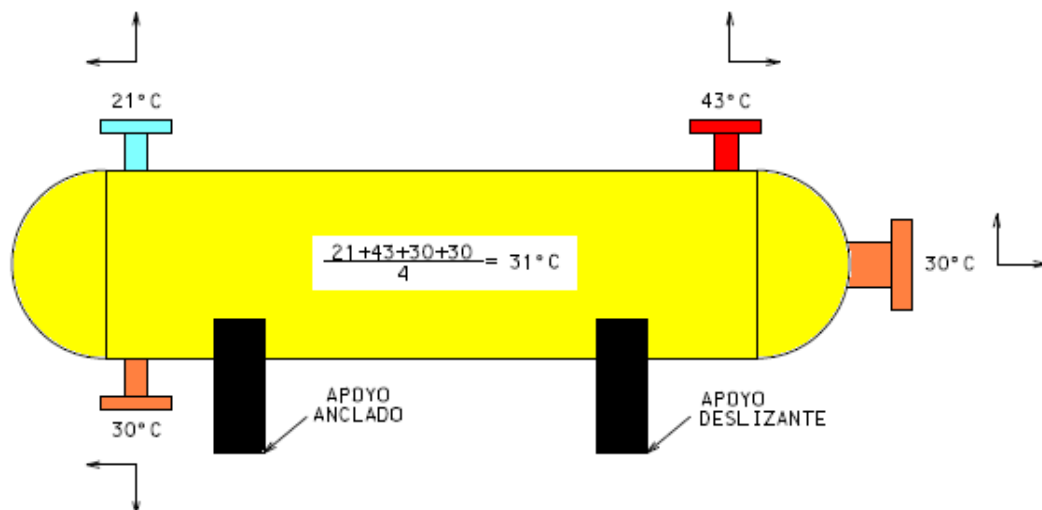


Figura 3.11. Perfil de temperaturas en equipo a presión horizontal.

En los equipos verticales aparece un faldón de apoyo. Habrá que tener en cuenta su expansión y el punto en el que va soldado al equipo para calcular las expansiones desde ese punto y añadir el efecto de la expansión del faldón. En la figura 3.12 se muestra un perfil de temperaturas en un equipo vertical.

Como se puede ver, las boquillas y toda la sección del cuerpo que coincide con ellas (en caso de ser boquillas en la pared) se consideran a la temperatura de la conexión. La boquilla inferior indica a qué temperatura está el líquido que se sitúa en la parte baja de la torre. Como ese nivel de líquido es conocido, se supone esa temperatura de la conexión inferior hasta esa altura. Posteriormente, tramo a tramo se calculan las medias entre las temperaturas que delimitan cada sección.

En la boquilla inferior aparecen los dos sentidos de desplazamiento vertical, eso se debe a que la expansión del faldón hacia arriba no permite saber a priori hacia dónde será el desplazamiento absoluto de la boquilla.

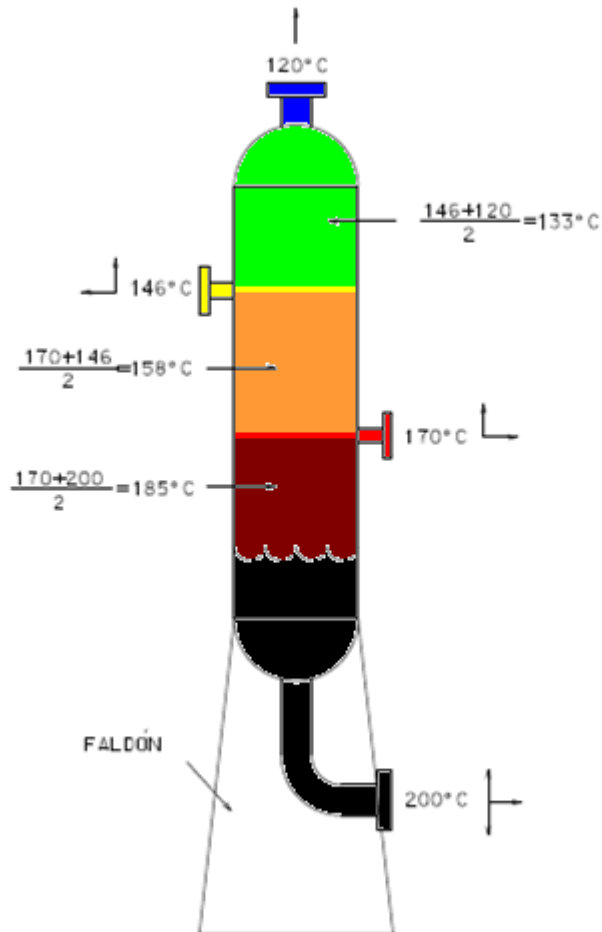


Figura 3.12. Perfil de temperaturas en equipo a presión vertical.

3.9.2. Intercambiadores de calor

A la hora de abordar un estudio en el que aparezca un intercambiador de calor, se deberá proceder de forma similar a un equipo a presión horizontal, teniendo en cuenta el punto de anclaje fijo y el perfil de temperaturas elaborado a partir de la temperaturas de las conexiones.

Sin embargo, se debe prestar atención a la clase de intercambiador de calor que aparece, ya que según sea podrá tener alguna particularidad constructiva que haga variar ligeramente la forma de simular su comportamiento.



Este es el caso de los intercambiadores de calor con junta de expansión en la carcasa. Para estos intercambiadores se debe tener en cuenta la expansión de los tubos interiores, ya que la propia carcasa tiene una flexibilidad para adaptarse a esa expansión.

Otra posible diferencia constructiva es el hecho de que en algunos casos (alta presión) existen conexiones directamente soldadas a diferencia de las habituales juntas bridadas.

Las cargas admisibles en las boquillas deben aparecer en los planos aportados por el fabricante.

Al igual que en los equipos a presión horizontales, se tendrá en cuenta el punto en el que el fabricante evalúa las cargas admisibles, pudiendo ser en la junta bridada (si existe) o en la soldadura de la boquilla a la carcasa.

3.9.3. Bombas centrífugas

Este tipo de equipos está regido por la norma API 610 [6] en la que se establecen los límites de carga en las boquillas. Sin embargo, se puede pedir al fabricante al inicio del proyecto que construya los equipos para que soporten hasta cuatro veces las cargas admisibles presentadas por la norma. Esta posibilidad se valora en líneas con condiciones de operación críticas en cuanto a presión y temperatura.

En el estudio de líneas con conexión a bombas centrífugas se debe tener en cuenta que estos equipos van por parejas de forma que mientras opera una, la otra se queda apagada. Esto se realiza así para que cualquier operación de mantenimiento en una bomba no suponga la parada del sistema, ya que pasa a operar la otra bomba.

Esos dos casos de operación dependiendo de qué bomba actúe deberán ser tomados en cuenta en el análisis. La simulación de dichos casos se realiza considerando un perfil de temperaturas como se indica a continuación.

En la figura 3.13, la bomba "B" opera mientras la bomba "A" está apagada. De esta forma, el brazo del puente correspondiente a la bomba encendida se evaluará a la temperatura de operación de la línea.

En el otro brazo (asociado a la bomba "A") se supondrá que el segmento "3" está al 75% de la temperatura de operación y el segmento "2" al 50%. Para el segmento "1" se tienen varios casos:

- Si existe *by pass* entre succión y descarga, el segmento "1" se simulará a la temperatura del segmento "2"
- Si la línea tiene traza de vapor, el segmento "1" se simulará a temperatura de traza.
- Si la línea no va traceada y está bajo techo, el segmento "1" se simulará a temperatura ambiente.
- Si la línea no va traceada y está a la intemperie, el segmento "1" se simulará a temperatura de radiación solar.

Estas temperaturas estarán en las especificaciones del proyecto.

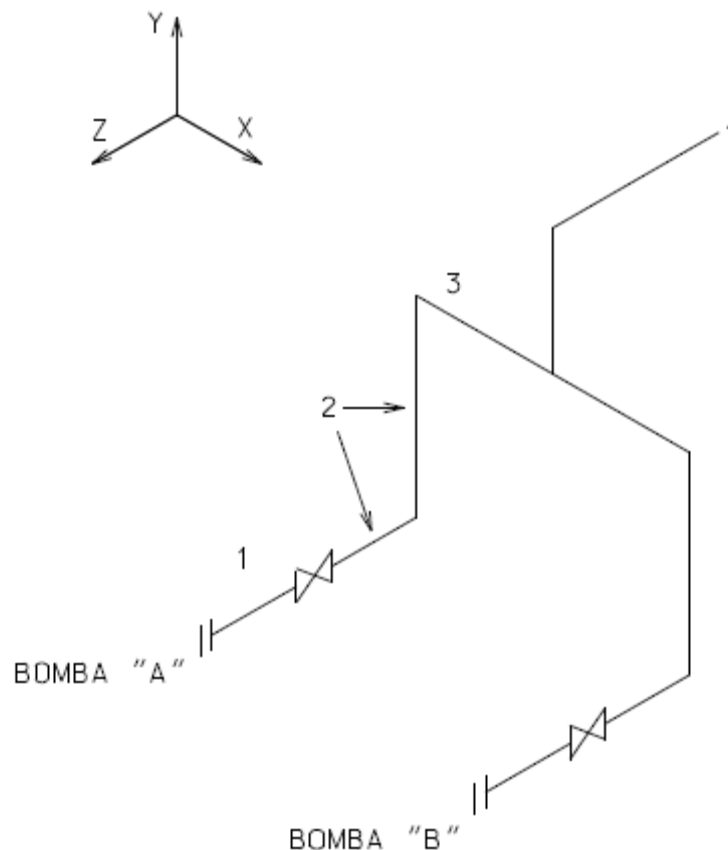


Figura 3.13. Método de estudio para bombas centrífugas.



El caso mostrado se basa en la configuración típica de los puentes de bombas pero este diseño puede tener sus particularidades de forma que es el analista quien debe adaptar el estudio haciendo las consideraciones oportunas en cuanto a las temperaturas en cada sección para acercar la simulación a la realidad.

Se deberán introducir en el análisis los desplazamientos en las boquillas en la junta bridada como condición de borde ya que es ahí donde la norma da las cargas admisibles. Estos desplazamientos se calculan a partir de la geometría de la bomba evaluándola a la temperatura pertinente según el caso de operación que se esté considerando.

3.9.4. Compresores centrífugos

La normativa que rige estos equipos es la API 617 [8]. En ella se puede encontrar cómo calcular y evaluar las cargas sobre el equipo. En cualquier caso, las cargas admisibles en cada conexión así como los desplazamientos iniciales deberán ser suministrados por el fabricante del equipo.

Se debe asegurar que todas las conexiones están dentro de los admisibles ya que la norma establece límites para la sumatoria de fuerzas y momentos de cada boquilla trasladados al centro neutro del equipo. Esto hace que no se puedan proponer acciones correctivas o refuerzos en una boquilla ya que aún así se sobrepasarían los límites de la evaluación general del equipo.

3.9.5. Compresores alternativos

En la norma API 618 [9] se indica que es el propio vendedor el que debe establecer las cargas admisibles en las boquillas. La frecuencia de resonancia del sistema es una información que también será suministrada por el fabricante.

Con esa información será necesario realizar cálculos formales que aseguren que la frecuencia de resonancia del sistema está por encima de 3Hz y no llega a la indicada por el fabricante.

En caso de no cumplir estos requerimientos, se deberá modificar el soportado para rigidizar el sistema. Además se colocarán los soportes con espaciamentos desiguales para evitar los efectos de resonancia.



Después de todos estos cálculos se establece la suportación del sistema, pero es el fabricante el que finalmente lo avala, con los estudios necesarios, una vez que se le propone la ubicación de los soportes.

3.9.6. Hornos

Estos equipos se rigen por la norma API 560 [10] en la que se establecen los límites de carga y desplazamientos. Se trata de equipos de alta criticidad por las condiciones de operación que tienen.

Se debe realizar un estudio en el que se modelen también las tuberías internas ya que de otra forma es muy difícil evaluar el comportamiento del equipo a la hora de operar. Es importante tener en cuenta que en este caso la tubería externa se rige por la norma ASME B31.3 [5] pero para la tubería interna es la norma ASME B31.1 [4] la que hay que considerar.

Las líneas irán soportadas en estructuras independientes al equipo. En caso de ser imprescindible soportar desde el horno, se deberá consultar con el fabricante y este deberá avalar dicha suportación.

3.9.7. Turbinas

Las turbinas de vapor se rigen por la norma NEMA SM 23 [13]. En esta norma aparecen los máximos de carga admisibles.

Aun así, es el fabricante quien suministra los valores límite para las cargas en las conexiones. Los desplazamientos iniciales que deben considerarse como condición de borde también serán suministrados por el fabricante.

En muchos casos se emplean condensadores de vapor a la salida de las turbinas para mejorar la potencia de éstas al conseguir presiones muy bajas. Sin embargo, al emplear este montaje, las conexiones se realizan con tuberías de gran tamaño y espesor y por tanto con muy poca flexibilidad por lo que se puede plantear el uso de juntas de expansión.



3.9.8. Enfriadores por aire

Los enfriadores por aire están regulados por la norma API 661 [12]. En esta norma se presentan las cargas máximas admisibles frente a las que habrá que chequear los resultados del análisis. También se indica que los cabezales deberán poder moverse un mínimo de un cuarto de pulgada en las dos direcciones horizontales. En caso de necesitar un desplazamiento mayor se podrá solicitar al fabricante, pero en una de las dos direcciones únicamente.

A la hora de realizar los estudios es necesario tener en cuenta las características constructivas del equipo ya que por lo general presentan un cabezal fijo y otro que se puede mover libremente en el sentido longitudinal de la batea. En cada caso se deben colocar las condiciones de borde precisas.

Los arreglos de tubería en las líneas conectadas a enfriadores por aire suelen ser en cascada. Esto provoca que las conexiones de las bateas exteriores sufran más esfuerzos por lo que a veces es necesario plantear la realización de un *cold spring* o pretensado en frío que haga que esos esfuerzos se aminoren.

3.9.9. Tanques de almacenamiento

La norma API 650 [11] es la que rige los tanques atmosféricos de almacenamiento de crudo. En ella se establecen los métodos para calcular los movimientos iniciales de las boquillas a partir de las características del tanque, de su asentamiento y de sus condiciones de operación. Además, se indican métodos de cálculo de cargas admisibles y de comprobación de esfuerzos en las conexiones.

De todas formas, aunque la construcción del tanque siga esta norma y se hagan las comprobaciones según la misma, es responsabilidad del fabricante proporcionar los desplazamientos iniciales y avalar las cargas resultantes del análisis.

Además de los tanques atmosféricos, existen también tanques presurizados para los cuales será el fabricante el que deba indicar que norma aplica de manera que el analista pueda ajustarse a ella.

En los tanques criogénicos es el fabricante el que normalmente realiza los cálculos de las líneas conectadas y entrega la suportación final así como el reporte de sus cálculos que permitan seguir con el resto de estudios relacionados.

CAPÍTULO 4: SOPORTES

4.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Como se ha indicado con anterioridad, el analista de flexibilidad debe tener unos conocimientos mínimos sobre los soportes que se emplean habitualmente.

Dependiendo de cada proyecto existirá un estándar de soportes que el analista debe conocer ya que algunos tipos de soportado tienen limitaciones en cuanto a dimensiones, material y usos. Un conocimiento previo de los soportes típicos facilitará el hecho de familiarizarse con cada estándar concreto en cada proyecto.

Los soportes son elementos que se emplean como apoyo para la tubería o que ofrecen una restricción a su movimiento.

Su construcción es, en la mayoría de los casos, a partir de acero estructural (perfiles, placas, barras, etc) junto con secciones de la propia tubería o elementos útiles como abrazaderas, orejetas, U-Bolts, tornillos, pernos, etc. En las figuras 4.1 y 4.2 se muestran ejemplos de este tipo de elementos.



Figura 4.1. Acero estructural.



Figura 4.2. Útiles de suportación

Una gran parte de los soportes se pueden construir a partir de estos elementos aunque hay algunos casos especiales como los soportes con elementos elásticos o aquellos en los que se incluyen placas deslizantes [2 y 16].

4.2. TIPOS DE SOPORTES Y APLICACIÓN

4.2.1. Soportes estructurales

Se trata de soportes anclados a piso, a estructuras existentes (hormigón o acero) o a equipos (mediante clips soldados) que sirven como apoyo para las tuberías o para otros elementos de soporte que restringen el movimiento de éstas. Sus configuraciones más habituales son los cristos, trapecios, pórticos y ménsulas. En las figuras 4.3 y 4.4 se muestran ejemplos de soportes estructurales.



Figura 4.3. Soporte sobre clips soldados a equipo.



Figura 4.4. Soporte estructural a piso (cristo).

4.2.2. Soportes para protección del apoyo.

Cuando se trata de una tubería de gran diámetro puede ser necesario soldar cunas o silletas para evitar la deformación por aplastamiento como es el caso indicado en la figura 4.5. Además, estos elementos pueden ser necesarios para evitar la corrosión en el punto de apoyo.



Figura 4.5. Cuna soldada para apoyo.

4.2.3. Soportes para control de desplazamiento.

Las tuberías pueden sufrir desplazamientos laterales o longitudinales. Para restringir el desplazamiento lateral de un punto de la línea se usan guías. Estas pueden ser para tramos verticales, como es el caso de la guía de la figura 4.7 u horizontales como se muestra en la figura 4.6.



Figura 4.6. Guía horizontal.



Figura 4.7. Guía vertical.

Para restringir el movimiento longitudinal de un punto de la tubería se usan anclajes direccionales, también conocidos como *stops*. En la figura 4.8 se pueden ver algunos ejemplos de este tipo de anclaje.



Figura 4.8. Anclajes direccionales (*Stops*).

Las guías y los anclajes direccionales se pueden combinar en un punto para evitar que éste se desplace en ambas direcciones.

4.2.4. Soportes para apoyo

En las líneas aisladas es necesario colocar zapatas a la tubería de forma que salven el espesor del aislamiento. Se trata por lo general de elementos soldados a la tubería, como se ve en la figura 4.9, aunque en casos excepcionales, como pueden ser las tuberías de acero galvanizado, se evita la soldadura mediante el uso de zapatas con abrazaderas similares a la presentada en la figura 4.10.



Figura 4.9. Zapata soldada.



Figura 4.10. Zapata con abrazaderas.

4.2.5. Soportes elásticos

Existen líneas que en determinado punto de apoyo se necesita permitir un desplazamiento vertical. Para este control simultáneo de carga y desplazamiento se dispone de soportes elásticos que pueden ser de carga variable (muelle) o de carga constante (muelle con sistema de palancas). En las figuras 4.11 y 4.12 se muestran dos ejemplos.



Figura 4.11. Muelle de apoyo.



Figura 4.12. Muelle colgado.

4.2.6. Soportes para apoyo por extensión

Existen elementos de soportado que permiten crear una extensión de la tubería para facilitar el apoyo.

Un tipo de estos soportes son los que se disponen desde otra tubería, como se ve en el ejemplo de la figura 4.13, aunque en muchos casos se intenta evitar debido a que conlleva soldaduras y esfuerzos añadidos a la tubería soportadora.



Figura 4.13. Apoyo tubo-tubo.

Mucho más usados son los *trunnions* o tramos de tubería soldados a la línea para hacer de extensión y favorecer la suportación. Pueden estar ubicados en codos o en tramos rectos como se ve en las figuras 4.14 y 4.15.



Figura 4.14. *Trunnion* horizontal en tramo vertical.



Figura 4.15. *Trunnions* horizontales en codos.

Una variable de los *trunnions* son los pedestales. Como se aprecia en la figura 4.16, se trata de *trunnions* verticales con una placa soldada en su extremo que apoya directamente sobre el suelo o sobre algún elemento dispuesto para ese apoyo.



Figura 4.16. *Trunnion* vertical (Pedestal).

Soportes por extensión también se pueden considerar los colgantes como el de la figura 4.17, Se trata de elementos soldados a estructuras existentes mediante orejetas u otros elementos a partir de los cuales se cuelga una varilla de la que se suspende la tubería. La unión a la tubería puede hacerse también con orejetas soldadas o mediante abrazaderas.



Figura 4.17. Tubería colgada.



4.2.7. Otros elementos de suportación

Existen otros elementos de soportado utilizados para casos más concretos y con una construcción más específica [16 y 17] Estos elementos son los siguientes:

- Soportes antivibratoriales: Se usan en líneas en las que existe riesgo de que el material entre en resonancia. Tienen elementos que rigidizan la línea absorbiendo las vibraciones.
- Soportes acústicos: Son soportes que por su construcción están destinados al control de ruidos.
- Amortiguadores: Se trata de soportes que absorben posibles impactos producidos en la línea por efectos hidráulicos como puede ser el golpe de ariete.
- Placas deslizantes: Son placas que se sitúan en el punto de apoyo para reducir los efectos de fricción. Las más usadas son las de teflón aunque si las condiciones de temperatura impiden el uso de éstas (temperaturas superiores a 200°C) se usan placas de grafito-bronce.
- Soportes ajustables: Para los primeros soportes en líneas conectadas a equipos rotativos es necesario en ocasiones colocar soportes ajustables que favorezcan la alineación de la tubería con el eje de giro del equipo. Estos soportes son una variante de los habituales (principalmente de los pedestales) que incluyen una serie de elementos unidos por tornillos que permiten su ajuste en altura.
- Otros: Las posibilidades que ofrecen los elementos de los que están contruidos los soportes son tantas que, dependiendo del soporte concreto y de la criticidad del mismo para la flexibilidad de la línea, se pueden diseñar soportes especiales según crea conveniente el ingeniero al cargo.

CAPÍTULO 5: ESTUDIO COMPLETO DE LÍNEA

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA A ESTUDIAR

El presente estudio engloba todos los cálculos y comprobaciones necesarios para el análisis de estrés de la línea representada en el modelo 3D de la figura 5.1.

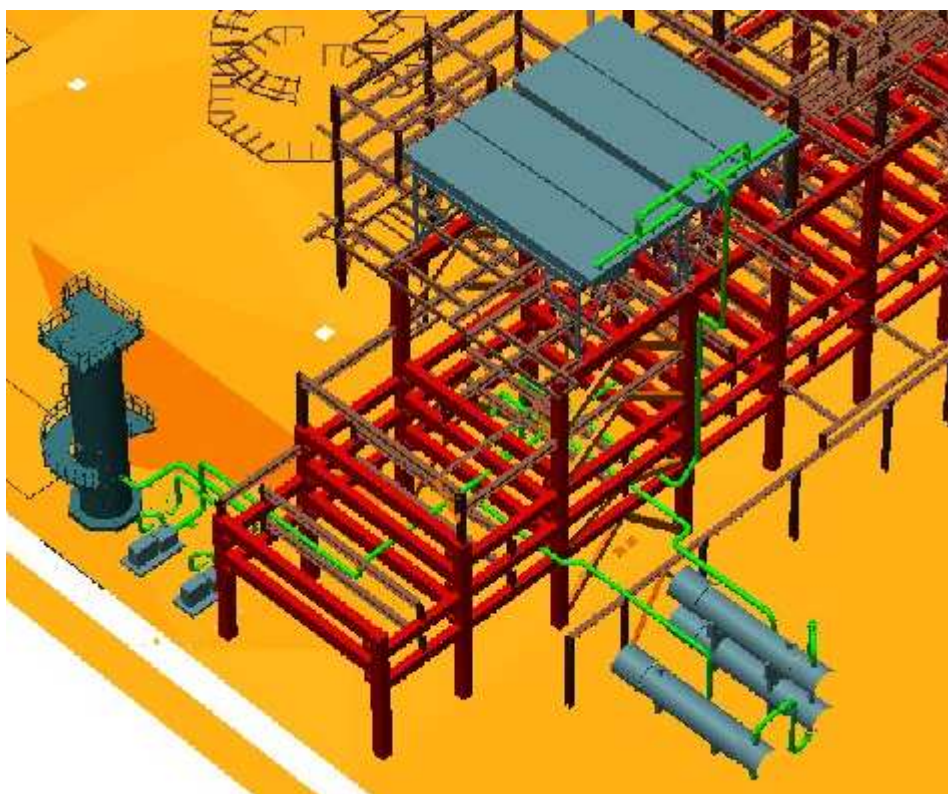


Figura 5.1. Modelo 3D de la línea a estudiar.

Se trata de una línea de agua templada de apoyo al proceso, de diámetros iguales a 10" y 12" según el tramo, que une un equipo vertical (V-1) que actúa de depósito con unas bombas (P-1A y P1B) que impulsan el flujo hacia los intercambiadores de calor (E-2A, E-2B y E-2C) y refrigeradores por aire (E-1A, E-1B, E-1C y E-1D).

La línea tiene un tramo sin aislamiento y otro con aislamiento para protección personal y su recorrido es, en la mayor parte del mismo, por un *rack* que servirá de apoyo para el soportado.



5.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La información necesaria para el estudio se ha obtenido de los diagramas de tuberías e instrumentos (P&ID's), isométricos, lista de líneas y planos constructivos de los equipos (ver apartados 8.1 a 8.4).

Para el análisis de posibles ubicaciones de los puntos de suptación se han consultado los planos estructurales del *rack* que sirve de apoyo para el recorrido de la línea así como el modelo 3D del que se extrajo la imagen de la figura 5.1.

Otra fuente de información han sido las especificaciones del proyecto que sientan las bases de las condiciones de diseño que son de aplicación. En este caso es fundamental en la consideración de la temperatura ambiente en 21° C y un factor para el cálculo del sismo de 0.35. Así también establece que el efecto del viento se tendrá en cuenta para diámetros de tubería, incluido aislamiento, mayores de 400 mm. Los coeficientes de rozamiento considerados por esta especificación son de 0.3 en contactos acero-acero y de 0.4 en contactos acero-hormigón. El desplazamiento vertical máximo se establece en 15 mm.

Los tamaños y pesos de los elementos como bridas o válvulas se han obtenido de catálogos ya que se trata de elementos totalmente estandarizados.

5.3. CONDICIONES DE BORDE

Para poder abordar el estudio se deben establecer las condiciones de borde adecuadas que simulen el comportamiento de la línea de la forma más fiel posible a la realidad.

5.3.1 Boquilla N2 del equipo V-1

En el estudio se modelará la tobera a la que va conectada la línea. Teniendo en cuenta las características constructivas del equipo se tienen unos desplazamientos iniciales en la conexión entre la tobera y el equipo que se exponen a continuación:

- Para las condiciones de operación (temperatura de 50°C) se tiene un desplazamiento de 0.13 mm en sentido vertical descendente.
- Para las condiciones de diseño (temperatura de 95°C) se tiene un desplazamiento de 0.34 mm en sentido vertical descendente.



5.3.2 Boquilla TP1 del equipo P-1 (A/B)

Los desplazamientos en la cara bridada de la conexión, en la que la norma proporciona las cargas admisibles, son los siguientes:

- Para condiciones de operación (temperatura de 50°C) se tiene un desplazamiento horizontal de 0.1 mm en sentido norte.
- Para condiciones de diseño (temperatura de 95°C) se tiene un desplazamiento horizontal de 0.25 mm en sentido norte.

5.3.3 Boquilla TP2 del equipo P-1 (A/B)

Los desplazamientos en la cara bridada de la conexión, en la que la norma muestra las cargas admisibles, son los siguientes:

- Para condiciones de operación (temperatura de 50°C) se tiene un desplazamiento horizontal de 0.9 mm en sentido oeste y de 0.14 mm en sentido vertical ascendente.
- Para condiciones de diseño (temperatura de 80°C) se tiene un desplazamiento horizontal de 0.19 mm en sentido oeste y de 0.28 mm en sentido vertical ascendente.

5.3.4 Boquilla N1 del equipo E-2 C

Los desplazamientos en la unión de la boquilla al cuerpo del intercambiador, donde la norma proporciona las cargas admisibles, son los siguientes:

- Para condiciones de operación (temperatura de 50°C) se tiene un desplazamiento horizontal de 5.09 mm en sentido este y de 0.1 mm en sentido vertical descendente.
- Para condiciones de diseño (temperatura de 80°C) se tiene un desplazamiento horizontal de 12.79 mm en sentido este y de 0.28 mm en sentido vertical descendente.



5.3.5 Boquilla N2 del equipo E-2 A

Los desplazamientos en la unión de la boquilla al cuerpo del intercambiador, donde la norma aplica las cargas admisibles, son los siguientes:

- Para condiciones de operación (temperatura de 50°C) se tiene un desplazamiento horizontal de 7.15 mm en sentido este y de 2.14 mm en sentido vertical ascendente.
- Para condiciones de diseño (temperatura de 80°C) se tiene un desplazamiento horizontal de 12.08 mm en sentido este y de 5.9 mm en sentido vertical ascendente.

5.3.6 Boquillas N1 y N2 de los equipos E-1 (A-B-C-D)

Para estos equipos se procederá al modelado de los mismo como un rígido al que se le impondrán las restricciones que el anclaje del equipo, según los planos constructivos, ofrece. Se considerará un peso en esos rígidos de 2/3 del total del equipo.

5.4. ANÁLISIS

El estudio de la línea se ha realizado con el software CAESAR II. Este *software* es utilizado mayoritariamente en el sector para la realización de este tipo de cálculos.

Este análisis se ha dividido en dos cálculos independientes, uno para la succión de las bombas y otro para la descarga y el resto de la línea que une refrigeradores por aire e intercambiadores. Estos cálculos se han denominado “succión” y “descarga” y sus resultados se presentan en los apartados 5.4.1 y 5.4.2 respectivamente.

Toda la información para la correcta interpretación de los resultados (sistemas de referencia, situación de los nodos del cálculo se encuentra representada en los planos isométricos de estrés del apartado 8.5.

5.4.1. Resultados del cálculo “Succión”

Este cálculo tiene como alcance el tramo de línea representada en los planos isométricos enumerados a continuación y contenidos en el apartado 8.2:

- TW-13102-01.
- TW-13102-02.

En la figura 5.2 se muestra el modelado para el cálculo con el software CAESAR II al cual pertenecen los resultados de los siguientes apartados.

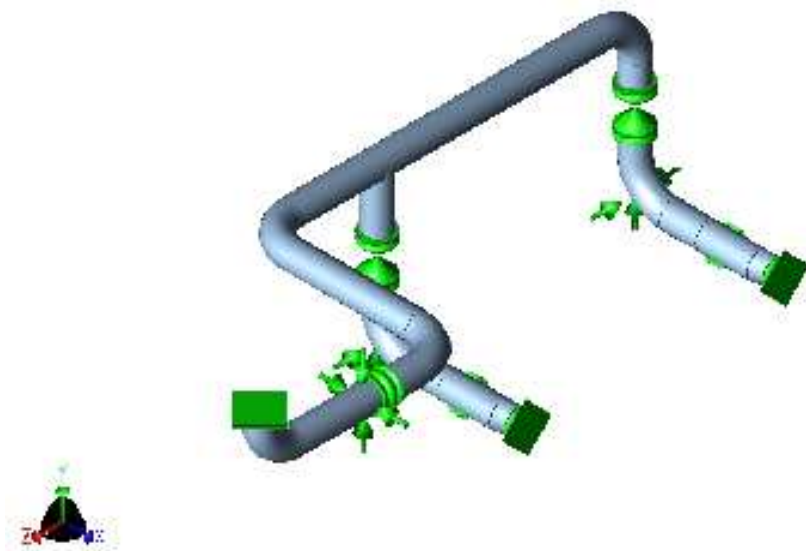


Figura 5.2. Modelado en CAESAR II para el cálculo “succión”.

5.4.1.1. Casos de carga estudiados.

Para la realización del estudio es necesario tener en cuenta varios casos de carga.

En primer lugar es necesario el análisis del comportamiento de la línea durante la prueba hidrostática que se debe realizar previa a la puesta en marcha de la planta. Esta prueba consiste en aplicar 1.5 veces la presión de operación en el circuito lleno de agua. Por tanto, en este caso intervendrán las cargas del peso propio de la tubería llena de agua (se codificará como WW) y la presión de prueba hidrostática (codificada como HP).



También es necesario analizar el comportamiento de la línea operando. En el presente estudio se analizarán dos casos de operación diferentes, dependiendo de qué bomba esté operando y cuál parada. El perfil de temperaturas cuando la bomba A opera se codificará como T1 y en el otro caso (bomba B operando) como T2. De la misma manera se hará con las presiones P1 y P2 y con los desplazamientos en las boquillas (condiciones de borde calculadas en el apartado 5.3) D1 y D2.

El análisis de un caso de carga con toda la línea en condiciones de diseño también es necesario. La codificación para el perfil de temperaturas, el perfil de presiones y los desplazamientos iniciales se harán de forma análoga a los casos de operación (T3, P3, D3).

Las cargas ocasionales producidas por el sismo habrá que analizarlas para los casos de operación. Esto se realiza añadiendo el efecto de la aceleración del sismo en cada uno de los ejes horizontales y en cada sentido por separado. Así tendremos cuatro casos de carga ocasionales para cada uno de los dos casos de operación. La codificación de la carga del sismo será U1 para el eje x y U2 para el eje z).

Para un mejor análisis será necesario tener casos de carga en los que actúen únicamente las cargas sostenidas, las cargas térmicas o las cargas ocasionales en combinación con las cargas sostenidas.

El resumen de las codificaciones aplicadas se presenta a continuación:

- | | |
|------------|--|
| - WW | Peso de la línea llena de agua. |
| - W | Peso de la línea con el fluido de operación. |
| - D1,D2,D3 | Vectores desplazamiento en las conexiones
(ver isométricos de flexibilidad en apartado 8.5) |
| - T1,T2,T3 | Casos térmicos simulados (ver isométricos
de flexibilidad en apartado 8.5). |
| - P1,P2,P3 | Casos de presión simulados (ver isométricos
de flexibilidad en apartado 8.5). |
| - U1,U2 | Fuerzas por sismo. |



Con la codificación anterior, estos son los casos de carga que se analizarán en CAESAR II.

Caso1 (WW+HP)	Prueba hidráulica
Caso 2 (W+D1+T1+P1)	Operación con la bomba A encendida y la B apagada.
Caso 3 (W+D2+T2+P2)	Operación con la bomba A apagada y la B encendida.
Caso 4 (W+D3+T3+P3)	Condición de diseño.
Caso 5 (W+D1+T1+P1+U1)	Sismo en eje X en operación (caso 2).
Caso 6 (W+D1+T1+P1-U1)	Sismo en eje X en operación (caso 2).
Caso 7 (W+D1+T1+P1+U2)	Sismo en eje Z en operación (caso 2).
Caso 8 (W+D1+T1+P1-U2)	Sismo en eje Z en operación (caso 2).
Caso 9 (W+D2+T2+P2+U1)	Sismo en eje X en operación (caso 3).
Caso 10 (W+D2+T2+P2-U1)	Sismo en eje X en operación (caso 3).
Caso 11 (W+D2+T2+P2+U2)	Sismo en eje Z en operación (caso 3).
Caso 12 (W+D2+T2+P2-U2)	Sismo en eje Z en operación (caso 3).
Caso 13 (W+P1)	Carga sostenida del caso 2.
Caso 14 (W+P2)	Carga sostenida del caso 3
Caso 15 (W+P3)	Carga sostenida del caso 4.
Caso 16 (D1+T1)	Carga térmica del caso 2.
Caso 17 (D2+T2)	Carga térmica del caso 3.
Caso 18 (D3+T3)	Carga térmica del caso 4.
Caso 19 (+U1)	Carga por sismo en eje X.
Caso 20 (-U1)	Carga por sismo en eje X.
Caso 21 (+U2)	Carga por sismo en eje Z.
Caso 22 (-U2)	Carga por sismo en eje Z.
Caso 23 (W+P1+U1)	Carga sostenida del caso 2 con sismo en eje X.
Caso 24 (W+P1-U1)	Carga sostenida del caso 2 con sismo en eje X.
Caso 25 (W+P1+U2)	Carga sostenida del caso 2 con sismo en eje Z.
Caso 26 (W+P1-U2)	Carga sostenida del caso 2 con sismo en eje Z.
Caso 27 (W+P2+U1)	Carga sostenida del caso 3 con sismo en eje X.
Caso 28 (W+P2-U1)	Carga sostenida del caso 3 con sismo en eje X.
Caso 29 (W+P2+U2)	Carga sostenida del caso 3 con sismo en eje Z.
Caso 30 (W+P2-U2)	Carga sostenida del caso 3 con sismo en eje Z.



5.4.1.2. Desplazamientos

En la tabla 5.1 se presentan los desplazamientos máximos en cada nodo del cálculo entre los sufridos en cada uno de los casos de carga.

NODO	DX (mm.)	DY (mm.)	DZ (mm.)	RX (grados)	RY (grados)	RZ (grados)
10	0	-0.340	0	0	0	0
11	0	-0.340	0	0	0	0
18	0.001	-0.422	0.001	0.0005	-0.0004	0.0003
19	0.021	-0.672	-0.153	0.0179	-0.0018	0.0050
20	0.037	-0.623	-0.485	0.0386	0.0012	0.0061
30	0	0	-1.206	0.0434	0.0069	0.0086
40	-0.010	0.067	-1.279	0.0436	0.0079	0.0089
50	-0.026	0.153	-1.376	0.0436	0.0080	0.0089
60	-0.042	0.240	-1.473	0.0436	0.0080	0.0089
68	-0.107	0.518	-1.780	0.0435	0.0137	0.0100
69	-0.397	0.780	-1.966	0.0418	0.0516	0.0111
70	-0.822	0.933	-1.697	0.0411	0.0855	0.0135
78	-2.155	1.200	0.809	0.0384	0.0871	0.0168
79	-2.589	1.265	1.117	0.0327	0.0575	0.0245
80	-2.926	1.346	0.951	0.0205	0.0238	0.0287
90	-3.240	1.526	-0.302	0.0098	0.0122	0.0373
100	-2.729	0.917	-0.203	-0.0089	0.0079	0.0427
110	-2.644	0.820	-0.185	-0.0089	0.0079	0.0427
120	-2.378	0.517	-0.130	-0.0089	0.0078	0.0427
130	-2.293	0.421	-0.112	-0.0089	0.0078	0.0427
138	-2.142	0.251	-0.081	-0.0088	0.0066	0.0425
139	-1.802	-0.120	-0.026	-0.0066	0.0044	0.0332
140	-1.464	0	0	-0.0050	0.0008	0.0067
150	-1.079	0.021	-0.003	-0.0035	0.0002	0.0013
160	-1.079	-0.158	-0.144	-0.0035	0.0002	0.0013
170	-1.079	-0.232	-0.208	-0.0035	0.0002	0.0013
180	-0.524	-0.014	-0.001	-0.0014	-0.0001	-0.0017
190	-0.349	0.001	0	-0.0001	0	-0.0001
200	-0.250	0	0	0	0	0
201	-0.250	0	0	0	0	0
208	-3.541	1.856	-2.482	-0.0128	-0.0107	0.0354
209	-3.387	1.603	-2.675	-0.0521	-0.0267	0.0421
210	-3.071	1.169	-2.356	-0.0937	-0.0306	0.0479
220	-2.854	0.948	-1.922	-0.0948	-0.0324	0.0479
230	-2.758	0.851	-1.733	-0.0948	-0.0324	0.0479
240	-2.461	0.549	-1.144	-0.0947	-0.0325	0.0479
250	-2.366	0.452	-0.955	-0.0947	-0.0326	0.0479
258	-2.199	0.283	-0.624	-0.0930	-0.0340	0.0479
259	-1.817	-0.135	-0.153	-0.0492	-0.0209	0.0429
260	-1.461	0	0	-0.0311	-0.0009	0.0043
270	-1.076	0.011	0.003	-0.0209	-0.0002	-0.0007
280	-1.078	-0.222	-0.085	-0.0209	-0.0002	-0.0007
290	-1.078	-0.320	-0.125	-0.0209	-0.0002	-0.0007
300	-0.523	-0.018	0.002	-0.0063	-0.0001	-0.0010
310	-0.349	0	0	-0.0002	0	-0.0001
320	-0.250	0	0	0	0	0
321	-0.250	0	0	0	0	0

Tabla 5.1. Desplazamientos máximos del cálculo "succión"



5.4.1.3. Cargas en las restricciones

En los casos de prueba hidráulica (caso 1), de operación (casos 2 y 3), de diseño (caso 4) y de operación con cargas ocasionales (casos 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12) aparecen las fuerzas en los nodos con restricciones expuestas en las tablas 5.2 a 5.7.

Nodos 10 – 11 (Unión soldada boquilla V-1/N2 a equipo)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	431	18	104	103	409	1083
2(OPE)	2592	2314	4543	766	-506	997
3(OPE)	1078	2010	5706	279	613	1946
4(OPE)	6247	5044	11216	1887	-1289	2270
5(OPE)	2487	2372	4617	749	-495	928
6(OPE)	2697	2257	4470	784	-516	1066
7(OPE)	2618	2324	4736	699	-491	1043
8(OPE)	2567	2305	4351	834	-520	950
9(OPE)	973	2067	5780	261	623	1877
10(OPE)	1183	1952	5633	297	602	2015
11(OPE)	1104	2020	5899	211	627	1993
12(OPE)	1052	2000	5514	346	598	1900
MAX	6247/L4	5044/L4	11216/L4	1887/L4	-1289/L4	2270/L4

Tabla 5.2. Cargas en la boquilla V-1/N2 (unión soldada).

Nodo 30 (Salida de boquilla V-1/N2 del faldón)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-1345	-7456	-411	0	0	0
2(OPE)	-1781	-8449	-1690	0	0	0
3(OPE)	1826	-8517	-1703	0	0	0
4(OPE)	-1551	-9496	-1899	0	0	0
5(OPE)	-1399	-8534	-1707	0	0	0
6(OPE)	-2162	-8364	-1673	0	0	0
7(OPE)	-1778	-8471	-1694	0	0	0
8(OPE)	-1784	-8428	-1686	0	0	0
9(OPE)	2208	-8602	-1720	0	0	0
10(OPE)	1445	-8432	-1686	0	0	0
11(OPE)	1830	-8539	-1708	0	0	0
12(OPE)	1823	-8495	-1699	0	0	0
MAX	2208/L9	-9496/L4	-1899/L4	0	0	0

Tabla 5.3. Cargas en la boquilla V-1/N2 (salida del faldón).



Nodo 140 (Apoyo y guía en Z)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	24	-20617	1045	0	0	0
2(OPE)	-4684	-23419	-1994	0	0	0
3(OPE)	-127	-24346	-1947	0	0	0
4(OPE)	-5538	-27691	-4657	0	0	0
5(OPE)	-4650	-23251	-2133	0	0	0
6(OPE)	-4717	-23586	-1855	0	0	0
7(OPE)	-4703	-23515	-1704	0	0	0
8(OPE)	-4664	-23322	-2283	0	0	0
9(OPE)	-114	-24179	-2085	0	0	0
10(OPE)	-141	-24513	-1808	0	0	0
11(OPE)	-129	-24442	-1657	0	0	0
12(OPE)	-126	-24249	-2236	0	0	0
MAX	-5538/L4	-27691/L4	-4657/L4	0	0	0

Tabla 5.4. Cargas en soporte del nodo 140 ("succión").

Nodos 200 - 201 (Cara bridada de la boquilla P-1A/TP1)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	818	2034	-914	266	-348	-1055
2(OPE)	4309	3757	-121	-1150	-37	-1893
3(OPE)	-3371	4314	-260	-49	-98	-2742
4(OPE)	990	8064	-389	-1243	-138	-3972
5(OPE)	4439	3649	-19	-1166	2	-1850
6(OPE)	4179	3865	-223	-1135	-75	-1936
7(OPE)	4320	3805	-139	-1035	-48	-1911
8(OPE)	4299	3709	-102	-1265	-26	-1875
9(OPE)	-3220	6206	-158	-64	-59	-2699
10(OPE)	-3521	6422	-362	-33	-136	-2785
11(OPE)	-3378	6362	-278	66	-109	-2760
12(OPE)	-3363	6266	-241	-164	-87	-2724
MAX	4439/L5	8064/L4	-914/L1	-1265/L8	-348/L1	-3972/L4

Tabla 5.5. Cargas en la boquilla P-1A/TP1.



Nodos 260 (Apoyo y guía en Z)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-18	-10738	290	0	0	0
2(OPE)	173	-11336	-1122	0	0	0
3(OPE)	-2565	-12825	-1743	0	0	0
4(OPE)	-2844	-14220	-4763	0	0	0
5(OPE)	196	-11304	-1151	0	0	0
6(OPE)	149	-11368	-1093	0	0	0
7(OPE)	170	-11274	-992	0	0	0
8(OPE)	176	-11398	-1253	0	0	0
9(OPE)	-2559	-12793	-1772	0	0	0
10(OPE)	-2571	-12856	-1714	0	0	0
11(OPE)	-2552	-12762	-1612	0	0	0
12(OPE)	-2577	-12887	-1873	0	0	0
MAX	-2844/L4	-14220/L4	-4763/L4	0	0	0

Tabla 5.6. Cargas en soporte del nodo 260 ("succión")

Nodos 320 - 321 (Cara bridada de la boquilla P-1B/TP1)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	90	487	-114	92	-49	-520
2(OPE)	-494	1002	324	-1141	145	-747
3(OPE)	3245	1232	-114	-1949	-35	-914
4(OPE)	3202	2168	459	-4838	227	-1535
5(OPE)	-344	938	333	-1158	148	-718
6(OPE)	-643	1065	316	-1124	141	-777
7(OPE)	-511	1000	347	-1092	150	-747
8(OPE)	-477	1003	301	-1190	139	-748
9(OPE)	3411	1169	-106	-1966	-32	-884
10(OPE)	3078	1296	-122	-1932	-39	-944
11(OPE)	3212	1231	-91	-1900	-29	-914
12(OPE)	3277	1234	-137	-1997	-41	-914
MAX	3411/L9	2168/L4	459/L4	-4838/L4	227/L4	-1535/L4

Tabla 5.7. Cargas en la boquilla P-1B/TP1.



5.4.1.4. Estrés en los elementos

En los casos de prueba hidráulica (caso 1), de cargas sostenidas (casos 13, 14 y 15), de cargas térmicas (casos 16, 17 y 18), cargas ocasionales (casos 19, 20, 21, 22) y de cargas sostenidas con cargas ocasionales (casos 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30) se tiene el siguiente informe de tensiones máximas:

- Caso de carga 1

Máximo esfuerzo axial:	21345.7 kPa (Nodo 270)
Máximo esfuerzo flector:	17393.1 kPa (Nodo 260)
Máximo esfuerzo torsor:	594.7 kPa (Nodo 70)
Máximo esfuerzo combinado:	37630.7 kPa (Nodo 260)
Esfuerzo máximo admisible:	241311 kPa
Ratio:	16%

- Caso de carga 13

Máximo esfuerzo axial:	2523.3 kPa (Nodo 270)
Máximo esfuerzo flector:	31945.8 kPa (Nodo 260)
Máximo esfuerzo torsor:	825.9 kPa (Nodo 208)
Máximo esfuerzo combinado:	34266.7 kPa (Nodo 260)
Esfuerzo máximo admisible:	137892 kPa
Ratio:	24.9%

- Caso de carga 14

Máximo esfuerzo axial:	2523.3 kPa (Nodo 270)
Máximo esfuerzo flector:	31945.8 kPa (Nodo 260)
Máximo esfuerzo torsor:	825.9 kPa (Nodo 208)
Máximo esfuerzo combinado:	34266.7 kPa (Nodo 260)
Esfuerzo máximo admisible:	137892 kPa
Ratio:	24.9%

- Caso de carga 15

Máximo esfuerzo axial:	27817.5 kPa (Nodo 270)
Máximo esfuerzo flector:	31945.8 kPa (Nodo 260)
Máximo esfuerzo torsor:	825.9 kPa (Nodo 208)
Máximo esfuerzo combinado:	59560.9 kPa (Nodo 260)
Esfuerzo máximo admisible:	137892 kPa
Ratio:	43.2%



- Caso de carga 16

Máximo esfuerzo axial:	705 kPa (Nodo 190)
Máximo esfuerzo flector:	8126.7 kPa (Nodo 79)
Máximo esfuerzo torsor:	1995.8 kPa (Nodo 190)
Máximo esfuerzo combinado:	8128.3 kPa (Nodo 79)
Esfuerzo máximo admisible:	335474.9 kPa
Ratio:	2.4%

- Caso de carga 17

Máximo esfuerzo axial:	684.3 kPa (Nodo 190)
Máximo esfuerzo flector:	10238.1 kPa (Nodo 209)
Máximo esfuerzo torsor:	2921.9 kPa (Nodo 310)
Máximo esfuerzo combinado:	10554.2 kPa (Nodo 209)
Esfuerzo máximo admisible:	312784.5 kPa
Ratio:	3.4%

- Caso de carga 18

Máximo esfuerzo axial:	13673.2 kPa (Nodo 208)
Máximo esfuerzo flector:	22461.2 kPa (Nodo 208)
Máximo esfuerzo torsor:	7025.1 kPa (Nodo 310)
Máximo esfuerzo combinado:	22492.6 kPa (Nodo 208)
Esfuerzo máximo admisible:	311758.5 kPa
Ratio:	7.2%

- Caso de carga 19

Máximo esfuerzo axial:	48.1 kPa (Nodo 310)
Máximo esfuerzo flector:	848.8 kPa (Nodo 260)
Máximo esfuerzo torsor:	91.9 kPa (Nodo 208)
Máximo esfuerzo combinado:	881.4 kPa (Nodo 260)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	0.5%

- Caso de carga 20

Máximo esfuerzo axial:	48.1 kPa (Nodo 310)
Máximo esfuerzo flector:	848.8 kPa (Nodo 260)
Máximo esfuerzo torsor:	91.9 kPa (Nodo 208)
Máximo esfuerzo combinado:	881.4 kPa (Nodo 260)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	0.5%



- Caso de carga 21

Máximo esfuerzo axial:	27.8 kPa (Nodo 90)
Máximo esfuerzo flector:	601.2 kPa (Nodo 90)
Máximo esfuerzo torsor:	299.1 kPa (Nodo 190)
Máximo esfuerzo combinado:	629 kPa (Nodo 90)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	0.3%

- Caso de carga 22

Máximo esfuerzo axial:	27.8 kPa (Nodo 90)
Máximo esfuerzo flector:	601.2 kPa (Nodo 90)
Máximo esfuerzo torsor:	299.1 kPa (Nodo 190)
Máximo esfuerzo combinado:	629 kPa (Nodo 90)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	0.3%

- Caso de carga 23

Máximo esfuerzo axial:	2523.3 kPa (Nodo 270)
Máximo esfuerzo flector:	32794.6 kPa (Nodo 260)
Máximo esfuerzo torsor:	734 kPa (Nodo 208)
Máximo esfuerzo combinado:	35148.2 kPa (Nodo 260)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	19.2%

- Caso de carga 24

Máximo esfuerzo axial:	2523.3 kPa (Nodo 270)
Máximo esfuerzo flector:	32794.6 kPa (Nodo 260)
Máximo esfuerzo torsor:	917.9 kPa (Nodo 208)
Máximo esfuerzo combinado:	35148.2 kPa (Nodo 260)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	19.2%

- Caso de carga 25

Máximo esfuerzo axial:	2520.6 kPa (Nodo 270)
Máximo esfuerzo flector:	32099.3 kPa (Nodo 260)
Máximo esfuerzo torsor:	912.5 kPa (Nodo 190)
Máximo esfuerzo combinado:	34426.2 kPa (Nodo 260)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	18.8%



- Caso de carga 26

Máximo esfuerzo axial:	2526 kPa (Nodo 270)
Máximo esfuerzo flector:	32099.3 kPa (Nodo 260)
Máximo esfuerzo torsor:	801.7 kPa (Nodo 208)
Máximo esfuerzo combinado:	34426.2 kPa (Nodo 260)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	18.8%

- Caso de carga 27

Máximo esfuerzo axial:	2523.3 kPa (Nodo 270)
Máximo esfuerzo flector:	32794.6 kPa (Nodo 260)
Máximo esfuerzo torsor:	734 kPa (Nodo 208)
Máximo esfuerzo combinado:	35148.2 kPa (Nodo 260)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	19.2%

- Caso de carga 28

Máximo esfuerzo axial:	2523.3 kPa (Nodo 270)
Máximo esfuerzo flector:	32794.6 kPa (Nodo 260)
Máximo esfuerzo torsor:	917.9 kPa (Nodo 208)
Máximo esfuerzo combinado:	35148.2 kPa (Nodo 260)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	19.2

- Caso de carga 29

Máximo esfuerzo axial:	2520.6 (Nodo 27)
Máximo esfuerzo flector:	32099.3 kPa (Nodo 260)
Máximo esfuerzo torsor:	912.5 kPa (Nodo 190)
Máximo esfuerzo combinado:	34426.2 kPa (Nodo 26)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	18.8%

- Caso de carga 30

Máximo esfuerzo axial:	2526 kPa (Nodo 270)
Máximo esfuerzo flector:	32099.3 kPa (Nodo 260)
Máximo esfuerzo torsor:	801.7 kPa (Nodo 208)
Máximo esfuerzo combinado:	34426.2 kPa (Nodo 260)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	18.8%

5.4.2. Resultados del cálculo “Descarga”

Este cálculo tiene como alcance el tramo de línea representado en los planos isométricos enumerados a continuación y que se pueden ver en el apartado 8.2:

- TW-13103-11.
- TW-13103-12.
- TW-13103-21.
- TW-13103-22.
- TW-13103-50.
- TW-13218-11.
- TW-13218-12.
- TW-13218-13.
- TW-13218-31.
- TW-13218-60.
- TW-13219-31.
- TW-13219-50.

En la figura 5.3 se muestra el modelado para el cálculo con el software CAESAR II al cual pertenecen los resultados de los siguientes apartados.

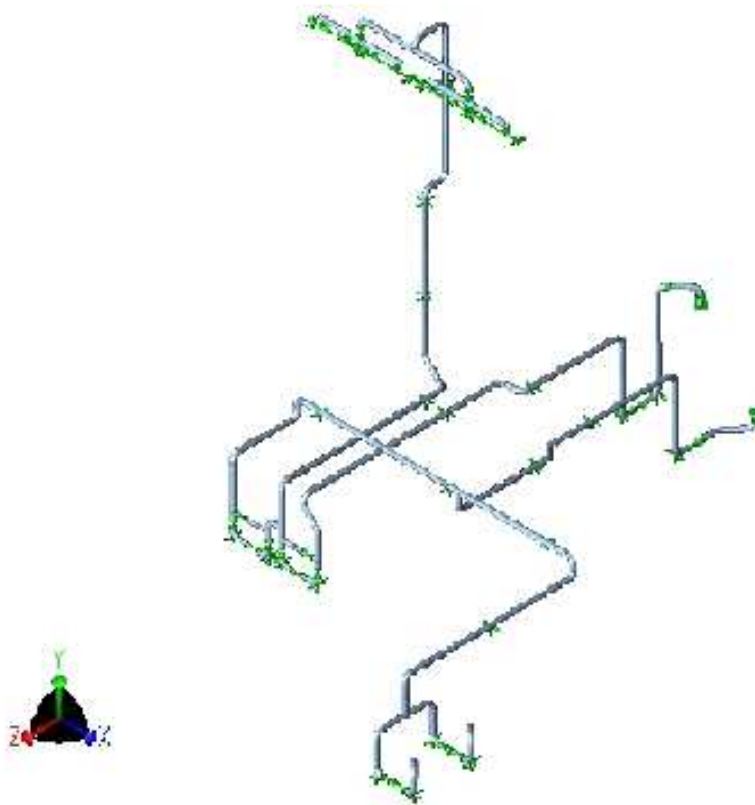


Figura 5.3. Modelado en CAESAR II para el cálculo “descarga”.



5.4.2.1. Casos de carga estudiados.

Con la misma codificación del apartado 5.4.1.1 se tienen los siguientes casos de carga utilizados para el cálculo con “descarga” con CAESAR II:

Caso1	(WW+HP)	Prueba hidráulica
Caso 2	(W+D1+T1+P1)	Operación con la bomba A encendida y la B apagada.
Caso 3	(W+D2+T2+P2)	Operación con la bomba A apagada y la B encendida.
Caso 4	(W+D3+T3+P3)	Condición de diseño.
Caso 5	(W+D1+T1+P1+U1)	Sismo en eje X en operación (caso 2).
Caso 6	(W+D1+T1+P1-U1)	Sismo en eje X en operación (caso 2).
Caso 7	(W+D1+T1+P1+U2)	Sismo en eje Z en operación (caso 2).
Caso 8	(W+D1+T1+P1-U2)	Sismo en eje Z en operación (caso 2).
Caso 9	(W+D2+T2+P2+U1)	Sismo en eje X en operación (caso 3).
Caso 10	(W+D2+T2+P2-U1)	Sismo en eje X en operación (caso 3).
Caso 11	(W+D2+T2+P2+U2)	Sismo en eje Z en operación (caso 3).
Caso 12	(W+D2+T2+P2-U2)	Sismo en eje Z en operación (caso 3).
Caso 13	(W+P1)	Carga sostenida del caso 2.
Caso 14	(W+P2)	Carga sostenida del caso 3
Caso 15	(W+P3)	Carga sostenida del caso 4.
Caso 16	(D1+T1)	Carga térmica del caso 2.
Caso 17	(D2+T2)	Carga térmica del caso 3.
Caso 18	(D3+T3)	Carga térmica del caso 4.
Caso 19	(+U1)	Carga por sismo en eje X.
Caso 20	(-U1)	Carga por sismo en eje X.
Caso 21	(+U2)	Carga por sismo en eje Z.
Caso 22	(-U2)	Carga por sismo en eje Z.
Caso 23	(W+P1+U1)	Carga sostenida del caso 2 con sismo en eje X.
Caso 24	(W+P1-U1)	Carga sostenida del caso 2 con sismo en eje X.
Caso 25	(W+P1+U2)	Carga sostenida del caso 2 con sismo en eje Z.
Caso 26	(W+P1-U2)	Carga sostenida del caso 2 con sismo en eje Z.
Caso 27	(W+P2+U1)	Carga sostenida del caso 3 con sismo en eje X.
Caso 28	(W+P2-U1)	Carga sostenida del caso 3 con sismo en eje X.
Caso 29	(W+P2+U2)	Carga sostenida del caso 3 con sismo en eje Z.
Caso 30	(W+P2-U2)	Carga sostenida del caso 3 con sismo en eje Z.



5.4.2.2. Desplazamientos

En las tablas 5.8 a 5.11 se presentan los desplazamientos máximos en cada nodo del cálculo entre los sufridos en cada uno de los casos de carga.

NODO	DX (mm.)	DY (mm.)	DZ (mm.)	RX (grados)	RY (grados)	RZ (grados)
10	0	0.28	0.9	0	0	0
11	0	0.28	0.9	0	0	0
20	0	0.354	0.9	0	-0.0001	0.0001
30	-0.003	0.474	0.899	0.0006	-0.0018	0.0016
39	-0.027	0.667	0.933	0.004	-0.0074	0.0172
40	0.073	0.794	1.019	0.0078	-0.0169	0.0192
48	0.162	0.865	1.119	0.0105	-0.0173	0.0203
49	0.26	0.816	1.161	0.0278	-0.0134	0.0084
50	0.309	0.617	1.004	0.0527	-0.0097	0.0031
58	0.278	0.266	0.505	0.0556	-0.0073	-0.0036
59	0.181	0.091	0.23	0.0668	-0.0152	-0.0033
60	0	0	0	0.0748	-0.0226	0.0117
70	-0.003	-0.001	-0.002	0.0749	-0.0226	0.0117
80	-0.071	-0.022	-0.042	0.075	-0.0226	0.0117
90	-0.487	-0.15	-0.286	0.0756	-0.0225	0.0116
100	-0.556	-0.17	-0.326	0.0756	-0.0225	0.0115
110	-0.689	-0.208	-0.405	0.079	-0.0223	0.0098
120	-0.757	-0.225	-0.445	0.0791	-0.0223	0.0098
130	-0.978	-0.278	-0.573	0.0794	-0.0223	0.0097
140	-1.047	-0.294	-0.613	0.0795	-0.0223	0.0097
149	-1.219	-0.206	-0.523	0.0927	-0.0113	-0.0199
150	-1.242	0	0	0.131	0.0109	-0.0244
158	-1.126	0.924	3.23	0.126	0.014	-0.0218
159	-1.141	1.271	3.586	0.0649	0.0152	-0.0145
160	-1.19	1.5	3.459	-0.0266	0.0178	-0.0127
170	-1.474	1.576	2.547	0.0115	0.0166	-0.0138
178	-1.76	1.497	1.63	0.0225	0.0152	0.014
179	-1.802	1.411	1.415	0.0235	0.0108	0.0148
180	-1.795	1.259	1.218	0.0336	0.0092	0.0187
188	-1.646	0.326	0.361	0.0382	0.0091	0.0196
189	-1.546	0.128	0.144	0.0446	0.0112	0.0175
190	-1.375	0	0	0.0457	0.0112	-0.009
200	-1.373	-0.001	-0.001	0.0457	0.0112	-0.009
210	-1.304	-0.017	-0.021	0.0457	0.0112	-0.009
220	-1.083	-0.07	-0.085	0.0458	0.0112	-0.009
230	-1.015	-0.086	-0.105	0.0458	0.0111	-0.009
240	-0.882	-0.117	-0.143	0.0461	0.0109	-0.0077
250	-0.814	-0.13	-0.163	0.0462	0.0109	-0.0077
260	-0.396	-0.212	-0.281	0.0462	0.0108	-0.0074
270	-0.328	-0.225	-0.3	0.0462	0.0108	-0.0073
279	-0.137	-0.165	-0.243	0.0494	0.0041	-0.0075
280	0	0	0	0.0556	-0.0031	-0.0236
288	0.236	0.351	0.514	0.0549	-0.0037	-0.0254
289	0.29	0.615	0.673	0.0335	-0.0059	-0.0144
290	0.201	0.773	0.573	0.0102	-0.0084	0.0055
298	0.078	0.783	0.379	0.0082	-0.0084	0.0068

Tabla 5.8. Desplazamientos máximos del cálculo "descarga" (nodos 10-298).



NODO	DX (mm.)	DY (mm.)	DZ (mm.)	RX (grados)	RY (grados)	RZ (grados)
299	-0.011	0.678	0.228	0.003	-0.0041	0.0133
300	-0.007	0.476	0.186	-0.001	-0.0007	0.002
310	-0.007	0.474	0.186	-0.001	-0.0007	0.002
320	0	0.354	0.19	-0.0001	0	0.0001
330	0	0.28	0.19	0	0	0
331	0	0.28	0.19	0	0	0
338	-1.66	2.761	3.427	0.0373	0.0146	-0.0168
339	-1.686	2.99	3.469	0.0145	0.0116	-0.0199
340	-1.675	3.045	3.285	-0.0278	0.0095	-0.0225
350	0	0	0.068	-0.0383	-0.0462	-0.051
358	4.689	-2.19	-3.146	0.0158	-0.0403	-0.081
359	4.835	-1.914	-3.223	0.0703	0.0155	-0.0677
360	4.909	-1.569	-2.888	0.1013	0.0294	-0.0586
368	4.989	-1.409	-2.472	0.1016	0.0354	-0.059
369	4.992	-1.112	-1.93	0.1003	0.0445	-0.0577
370	4.831	-0.803	-1.465	0.1017	0.0687	-0.0436
380	4.002	0	0	0.0793	0.0561	-0.0243
390	0.367	0.098	0.247	-0.0621	-0.0241	0.0074
398	0.451	-0.39	0.879	-0.0658	-0.0192	0.0086
399	0.529	-0.613	1.139	-0.0539	-0.015	0.0107
400	0.578	-0.726	1.141	-0.0223	0.0022	0.0112
410	0	0	-2.612	0.0181	0.0069	0.0268
418	-0.057	0.14	-2.969	0.0136	0.006	0.0291
419	-0.088	0.15	-3.064	0.0052	0.0063	0.0313
420	-0.149	0.113	-3.142	-0.0048	0.0065	0.0352
428	-0.447	-0.248	-3.414	-0.0054	0.0055	0.0353
429	-0.498	-0.306	-3.499	-0.0043	-0.0052	0.0332
430	-0.499	-0.323	-3.6	0.0048	-0.0108	0.032
440	0	0	-5.272	0.0149	-0.0102	0.0246
448	-0.985	2.738	-8.451	0.0531	0.0132	0.014
449	-1.013	2.83	-8.722	0.0416	0.0112	0.0144
450	-0.967	2.702	-8.944	0.0213	0.0115	0.0136
458	-0.109	0.29	-9.78	0.0088	0.0106	0.0143
459	0.047	0.123	-9.88	0.0053	0.0086	0.0173
460	0	0	-10.051	-0.0299	0.0091	0.0192
470	-0.074	-0.268	-10.359	-0.0334	0.0095	0.0196
480	-0.093	-0.336	-10.437	-0.0334	0.0095	0.0196
490	-0.169	-0.602	-10.743	-0.0332	0.0095	0.0196
500	-0.192	-0.685	-10.839	-0.0331	0.0095	0.0196
508	-0.387	-1.202	-11.547	-0.024	0.0119	0.021
509	-0.404	-1.24	-11.652	-0.0164	0.0166	0.023
510	-0.389	-1.229	-11.764	-0.0161	0.0224	0.027
520	-0.22	-1.049	-12.323	-0.0161	0.021	0.025
530	-0.168	-0.983	-12.473	-0.016	0.02	0.0241
539	-0.063	-0.834	-12.694	-0.0111	0.0084	0.0146
540	0.006	-0.608	-12.782	-0.0014	0.0017	0.0011

Tabla 5.9. Desplazamientos máximos del cálculo "descarga" (nodos 299-540).



NODO	DX (mm.)	DY (mm.)	DZ (mm.)	RX (grados)	RY (grados)	RZ (grados)
550	0.006	-0.605	-12.782	-0.0013	0.0017	0.001
560	0.004	-0.518	-12.784	-0.0013	0.0016	0.001
570	0.002	-0.431	-12.786	-0.0013	0.0016	0.001
580	0	-0.28	-12.79	0	0	0
581	0	-0.28	-12.79	0	0	0
590	0	0	0	-0.0606	-0.0237	0.0172
600	-5.34	0	0	-0.0384	0.0166	-0.0206
608	-6.023	0.195	0.319	-0.0366	0.0194	-0.0056
609	-6.203	0.099	0.508	-0.0408	0.0292	0.012
610	-6.242	-0.172	0.779	-0.0478	0.0334	0.0201
618	-6.193	-0.332	0.978	-0.0482	0.0344	0.0204
619	-6.048	-0.411	1.291	-0.0534	0.0387	0.026
620	-5.803	-0.284	1.579	-0.0567	0.0473	0.029
628	-3.295	2.688	3.737	-0.0495	0.0445	0.0312
629	-3.079	2.724	3.95	-0.0153	0.0329	0.0275
630	-2.911	2.525	3.945	0.0356	0.0291	0.0234
640	-1.944	0.764	1.641	0.0641	0.0126	0.0164
650	-1.813	0.521	1.225	0.0662	0.0134	0.0233
660	-1.771	0.452	1.107	0.0662	0.0134	0.0234
670	-1.635	0.231	0.726	0.0663	0.0134	0.0237
680	-1.593	0.163	0.61	0.0663	0.0135	0.0237
689	-1.342	-0.093	0.249	0.0774	0.0172	0.0419
690	-1.109	0	0	0.0818	0.0228	-0.0074
700	-0.909	-0.05	-0.121	0.0827	0.023	-0.0104
710	-0.796	-0.104	-0.229	0.0835	0.0229	-0.0128
720	-0.722	-0.128	-0.274	0.0836	0.0229	-0.0129
730	-0.342	-0.257	-0.5	0.0837	0.0227	-0.0129
740	-0.267	-0.282	-0.544	0.0838	0.0227	-0.0128
750	-0.144	-0.303	-0.577	0.0845	0.0217	-0.011
759	0.068	-0.222	-0.47	0.0921	0.0061	0.0156
760	0	0	0	0.1077	-0.0044	0.03
770	-0.002	0.003	0.007	0.1077	-0.0044	0.03
780	-0.056	0.071	0.199	0.1077	-0.0045	0.03
790	-0.229	0.292	0.82	0.1077	-0.0045	0.03
800	-0.282	0.361	1.011	0.1077	-0.0045	0.03
810	-0.469	0.607	1.698	0.1065	-0.0069	0.0272
818	-0.578	0.752	2.101	0.1062	-0.0083	0.0282
819	-0.639	0.998	2.597	0.0968	-0.007	0.0331
820	-1.814	0.781	1.608	0.0679	0.0078	-0.0023
830	-1.755	0.777	1.598	0.068	0.0077	-0.0025
840	-1.483	0.755	1.578	0.0682	0.0075	-0.0033
850	-1.423	0.75	1.574	0.0683	0.0074	-0.0034
860	-0.496	1.201	2.81	0.092	-0.0041	0.0159
870	-0.238	1.305	2.841	0.0876	-0.0028	0.0107
880	-0.252	0.907	1.946	0.0854	0.0021	-0.0047
890	-0.272	0.663	1.41	0.0835	0.0029	-0.0074

Tabla 5.10. Desplazamientos máximos del cálculo "descarga" (nodos 550-890).



NODO	DX (mm.)	DY (mm.)	DZ (mm.)	RX (grados)	RY (grados)	RZ (grados)
900	-0.28	0.595	1.261	0.0835	0.003	-0.0075
910	-0.308	0.374	0.781	0.0834	0.003	-0.0076
920	-0.317	0.306	0.632	0.0834	0.003	-0.0076
929	-0.21	0.109	0.23	0.0867	0.006	0.0241
930	0	0	0	0.0918	0.0198	-0.009
940	0.003	-0.001	-0.001	0.0918	0.0198	-0.009
950	0.118	-0.047	-0.105	0.0923	0.021	-0.0094
960	0.192	-0.065	-0.146	0.0924	0.0211	-0.0094
970	0.572	-0.159	-0.356	0.0925	0.0212	-0.0095
980	0.647	-0.177	-0.397	0.0925	0.0212	-0.0095
990	0.77	-0.189	-0.424	0.093	0.0215	-0.009
998	0.97	-0.235	-0.538	0.0937	0.0215	-0.0083
999	1.156	-0.181	-0.446	0.0967	0.0168	0.0045
1000	1.238	0	0	0.1061	0.0128	0.0099
1010	1.239	0.003	0.007	0.1061	0.0127	0.0099
1020	1.255	0.071	0.196	0.1061	0.0127	0.01
1030	1.309	0.292	0.807	0.1062	0.0127	0.0101
1040	1.325	0.36	0.996	0.1062	0.0127	0.0101
1050	1.388	0.605	1.674	0.1057	0.0117	0.0134
1060	0.784	0.755	1.83	0.1026	0.0096	-0.0094
1070	0.853	0.738	1.813	0.1027	0.0096	-0.0094
1080	1.184	0.656	1.729	0.103	0.0098	-0.0095
1090	1.252	0.639	1.712	0.1031	0.0098	-0.0095
1098	1.65	1.591	4.391	0.1024	0.0172	0.0429
1099	1.657	1.694	4.645	0.0901	0.0158	0.0763
1100	1.622	1.79	4.849	0.0847	0.0147	0.1067
1108	-2.468	2.308	5.797	0.0792	0.0161	0.1135
1109	-2.712	2.405	5.937	0.0699	-0.0108	0.1111
1110	-2.989	2.508	6.032	0.057	-0.0135	0.1064
1119	-3.439	2.763	5.951	-0.0588	-0.0184	0.0961
1120	-3.528	2.891	5.685	-0.0734	-0.0262	0.0917
1130	0	0	0.012	0.0364	0.0223	0.0596
1138	-1.182	-0.473	-1.959	-0.0236	0.0175	0.0485
1139	-1.111	-0.489	-2.129	-0.0283	-0.02	0.0456
1140	-0.879	-0.397	-2.054	-0.03	-0.0443	0.0406
1148	-0.542	-0.367	-1.666	-0.0297	-0.0451	0.0401
1149	-0.286	-0.364	-1.549	-0.0302	-0.0342	0.0381
1150	-0.106	-0.214	-1.673	0.0414	-0.0215	0.0372
1160	0	0	-1.867	0.0428	-0.0208	0.0367
1168	-1.806	3.346	-5.308	0.041	0.0169	0.0284
1169	-1.816	3.214	-5.485	-0.0417	0.0121	0.0292
1170	-1.703	2.916	-5.276	-0.0948	0.0113	0.0278
1178	0.122	0.523	1.432	-0.0988	0.0018	0.0224
1179	0.032	0.207	1.687	-0.0535	0.0018	0.0176
1180	0	0	1.561	-0.0058	-0.0017	0.0172
1190	0.008	-0.021	1.405	-0.0038	-0.002	0.0164

Tabla 5.11. Desplazamientos máximos del cálculo "descarga" (nodos 900-1190).



NODO	DX (mm.)	DY (mm.)	DZ (mm.)	RX (grados)	RY (grados)	RZ (grados)
1200	0.012	-0.028	1.327	-0.0037	-0.0021	0.0164
1210	0.029	-0.057	1.021	-0.0035	-0.0021	0.0163
1220	0.033	-0.064	0.943	-0.0035	-0.0021	0.0163
1228	0.051	-0.084	0.61	-0.0042	-0.002	0.0147
1229	0.037	-0.078	0.388	-0.037	0.0083	0.0124
1230	0	0	0	-0.1018	0.0119	0.0069
1238	-0.845	3.443	-10.629	-0.0934	0.0291	0.025
1239	-1.002	3.646	-10.942	-0.0241	0.017	0.059
1240	-1.039	4.091	-11.061	0.0528	0.0056	0.0961
1250	-1.038	4.098	-11.063	0.0529	0.0056	0.0961
1260	-0.989	4.313	-11.126	0.0531	0.0056	0.0961
1270	-0.94	4.529	-11.188	0.0532	0.0056	0.096
1280	-0.68	5.658	-11.511	0.0601	0.004	0.0852
1290	-0.553	5.997	-11.64	0.06	0.0034	0.0813
1299	-0.253	6.366	-11.895	0.0343	-0.0008	0.0512
1300	-0.031	6.248	-12.059	0.0032	0.0012	0.0048
1310	-0.031	6.245	-12.059	0.0032	0.0012	0.0047
1320	-0.021	6.158	-12.066	0.0031	0.0012	0.0046
1330	-0.01	6.071	-12.072	0.003	0.0011	0.0045
1340	0	5.9	-12.08	0	0	0
1341	0	5.9	-12.08	0	0	0
1348	-0.914	2.67	5.721	0.0811	-0.0018	0.033
1349	-1.161	2.997	5.856	0.0715	0.0106	0.0658
1350	-1.383	3.375	5.685	-0.085	0.0214	0.0762
1360	0	0	-0.007	-0.1614	-0.0703	0.1924
1368	1.017	-2.316	-0.502	-0.1769	-0.0786	0.2027
1369	1.027	-3.258	-0.959	-0.1342	-0.0591	0.2059
1370	0.313	-3.878	-1.431	-0.0671	-0.0258	0.194
1378	-2.741	-5.323	-2.082	-0.0354	-0.0242	0.1617
1379	-3.046	-5.386	-2.114	-0.0103	0.0275	0.071
1380	-3.125	-5.311	-2.077	0.0272	0.0328	-0.0209
1390	0	-3.312	0	0.0362	0.0272	-0.0517
1400	0	0	0	-0.0451	0.018	0.0219
1408	-0.085	0.15	-0.186	-0.0502	0.0176	0.0213
1409	-0.17	0.128	-0.681	-0.1314	-0.0153	0.0135
1410	-0.232	-0.581	-1.163	-0.1855	-0.0137	0.0108
1418	-0.313	-2.413	-1.536	-0.1832	-0.0133	0.009
1419	-0.351	-3.045	-1.978	-0.1038	-0.0113	0.007
1420	-0.356	-3.002	-2.286	-0.0007	-0.0108	0.0046
1430	0	0	0	0.0187	-0.0064	-0.0032
1438	0.181	2.033	0.564	-0.0232	-0.0044	-0.0037
1439	0.189	2.266	0.703	0.0407	-0.0043	-0.0032
1440	0.179	2.467	0.794	0.0562	-0.0034	-0.0033
1448	-0.132	2.95	1	0.0554	-0.0029	-0.0026
1449	-0.127	2.942	1.115	0.0426	-0.0012	-0.0019
1450	-0.125	2.764	1.031	0.0317	-0.0006	-0.0003

Tabla 5.12. Desplazamientos máximos del cálculo "descarga" (nodos 1200-1450).



NODO	DX (mm.)	DY (mm.)	DZ (mm.)	RX (grados)	RY (grados)	RZ (grados)
1460	-0.124	2.62	0.91	0.0312	-0.0004	-0.0002
1468	-1.928	1.593	0.35	0.0241	-0.0148	-0.0425
1469	-2.002	1.208	0.251	0.0201	-0.0074	0.0822
1470	-1.742	0.869	0.172	0.0091	-0.0023	0.0476
1480	-1.738	0.866	0.171	0.0091	-0.0022	0.0475
1490	-1.653	0.798	0.155	0.0091	-0.0022	0.0474
1500	-1.38	0.577	0.103	0.009	-0.0022	0.0463
1510	-1.297	0.508	0.087	0.009	-0.0021	0.0458
1520	-1.145	0.364	0.055	0.0077	-0.0013	0.0218
1530	-1.694	0.332	0.036	0.004	-0.0009	-0.0023
1540	-2.656	0.342	0.021	0.0018	-0.0004	0.0045
1550	-2.801	0.327	0.02	0.0018	-0.0004	0.0045
1560	-2.614	0.213	0.017	0.0008	-0.0002	0.0088
1570	-2.6	0.153	0.016	0.0008	-0.0002	0.0087
1580	-1.657	0.205	0.025	0.0021	-0.0004	0.011
1590	-1.639	0.146	0.022	0.0021	-0.0004	0.011
1600	-0.577	0.369	0.058	0.0041	0.0003	-0.0029
1610	0.482	0.354	0.044	0.002	0.0006	-0.0009
1620	0.557	0.351	0.042	0.002	0.0006	-0.0009
1630	-0.579	0.235	0.047	0.0023	0.0002	-0.0023
1640	-0.581	0.176	0.043	0.0022	0.0002	-0.0023
1650	0.475	0.224	0.038	0.0011	0.0003	-0.0022
1660	0.473	0.164	0.037	0.0011	0.0003	-0.0022
1668	1.935	1.594	0.358	0.0243	0.0149	0.0426
1669	2.006	1.209	0.258	0.0204	0.0075	-0.0825
1670	1.745	0.869	0.177	0.0094	0.0023	-0.0477
1680	1.742	0.866	0.177	0.0094	0.0023	-0.0476
1690	1.656	0.798	0.16	0.0093	0.0023	-0.0474
1700	1.383	0.577	0.106	0.0093	0.0022	-0.0464
1710	1.3	0.508	0.09	0.0092	0.0022	-0.0459
1720	1.147	0.364	0.057	0.0079	0.0014	-0.0218
1730	1.697	0.332	0.038	0.0041	0.0009	0.0022
1740	2.659	0.342	0.022	0.0018	0.0004	-0.0045
1750	2.804	0.327	0.021	0.0018	0.0004	-0.0045
1760	2.617	0.213	0.018	0.0009	0.0002	-0.0088
1770	2.603	0.153	0.017	0.0009	0.0002	-0.0088
1780	1.66	0.205	0.026	0.0022	0.0005	-0.011
1790	1.642	0.146	0.023	0.0022	0.0004	-0.011
1800	0.579	0.369	0.061	0.0042	-0.0003	0.0029
1810	-0.491	0.354	0.046	0.0021	-0.0006	0.0009
1820	-0.56	0.351	0.043	0.0021	-0.0006	0.0009
1830	0.582	0.235	0.049	0.0023	-0.0002	0.0023
1840	0.584	0.176	0.045	0.0023	-0.0002	0.0023
1850	-0.484	0.224	0.04	0.0011	-0.0003	0.0022
1860	-0.482	0.164	0.038	0.0011	-0.0003	0.0022
1870	-2.6	0.153	0.016	0.0008	-0.0002	0.0087

Tabla 5.13. Desplazamientos máximos del cálculo "descarga" (nodos 1460-1870).



NODO	DX (mm.)	DY (mm.)	DZ (mm.)	RX (grados)	RY (grados)	RZ (grados)
1880	-2.586	0.094	0.014	0.0008	-0.0002	0.0086
1890	-2.565	-0.04	0.013	0.0002	-0.0001	-0.0032
1900	-3.036	0	0.013	0	0	0
1910	-1.587	-0.05	0.015	0.0003	-0.0001	0.0041
1920	-1.114	0	0.015	0	0	0
1930	-1.622	0.086	0.019	0.0021	-0.0004	0.011
1940	-1.639	0.146	0.022	0.0021	-0.0004	0.011
1950	-0.581	0.176	0.043	0.0022	0.0002	-0.0023
1960	-0.583	0.116	0.04	0.0022	0.0002	-0.0022
1970	-0.587	-0.036	0.036	0.0003	0.0001	-0.0028
1980	-1.058	0	0.037	0	0	0
1990	0.471	-0.033	0.033	0.0002	0.0001	0.0028
2000	0.865	0	0.032	0	0	0
2010	0.472	0.105	0.035	0.0011	0.0003	-0.0022
2020	0.473	0.164	0.037	0.0011	0.0003	-0.0022
2030	-0.482	0.164	0.038	0.0011	-0.0003	0.0022
2040	-0.481	0.105	0.037	0.0011	-0.0003	0.0021
2050	-0.479	-0.033	0.035	0.0002	-0.0001	-0.0028
2060	-0.862	0	0.034	0	0	0
2070	0.59	-0.036	0.038	0.0004	-0.0001	0.0028
2080	1.061	0	0.038	0	0	0
2090	0.586	0.116	0.042	0.0023	-0.0002	0.0022
2100	0.584	0.176	0.045	0.0023	-0.0002	0.0023
2110	1.642	0.146	0.023	0.0022	0.0004	-0.011
2120	1.624	0.086	0.02	0.0022	0.0004	-0.011
2130	1.589	-0.05	0.016	0.0003	0.0001	-0.0041
2140	1.117	0	0.016	0	0	0
2150	2.567	-0.04	0.014	0.0002	0.0001	0.0032
2160	3.038	0	0.014	0	0	0
2170	2.589	0.094	0.015	0.0008	0.0002	-0.0086
2180	2.603	0.153	0.017	0.0009	0.0002	-0.0088

Tabla 5.14. Desplazamientos máximos del cálculo "descarga" (nodos 1880-2180).



5.4.2.3. Cargas en las restricciones.

En los casos de prueba hidráulica (caso 1), de operación (casos 2 y 3), de diseño (caso 4) y de operación con cargas ocasionales (casos 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12) aparecen las fuerzas en los nodos con restricciones señaladas en las tablas 5.15 a 5.49.

Nodos 10 - 11 (Cara bridada de la boquilla P-1A/TP2)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	111	-1347	58	87	30	-117
2(OPE)	-83	207	-1301	-230	397	946
3(OPE)	66	-1377	1109	519	-426	-201
4(OPE)	-707	52	1168	397	-884	700
5(OPE)	-35	222	-1306	-238	407	928
6(OPE)	-132	193	-1296	-221	387	964
7(OPE)	-81	212	-1181	-178	358	942
8(OPE)	-86	203	-1420	-282	435	950
9(OPE)	132	-1373	1115	520	-409	-233
10(OPE)	-1	-1382	1102	517	-442	-169
11(OPE)	67	-1374	1259	584	-477	-208
12(OPE)	63	-1381	989	467	-387	-197
MAX	-707/L4	-1382/L10	-1420/L8	584/L11	-884/L4	964/L6

Tabla 5.15. Cargas en la boquilla P-1A/TP2.

Nodo 60 (Apoyo, guía y stop)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-2384	-6498	-135	0	0	0
2(OPE)	2799	-9006	1139	0	0	0
3(OPE)	-368	-6588	-1257	0	0	0
4(OPE)	3822	-8944	-1201	0	0	0
5(OPE)	3040	-9174	1148	0	0	0
6(OPE)	2557	-8838	1131	0	0	0
7(OPE)	2790	-9006	1166	0	0	0
8(OPE)	2807	-9006	1113	0	0	0
9(OPE)	-1157	-6585	-1246	0	0	0
10(OPE)	420	-6591	-1268	0	0	0
11(OPE)	-395	-6585	-1259	0	0	0
12(OPE)	-357	-6588	-1283	0	0	0
MAX	3822/L4	-9174/L5	-1283/L12	0	0	0

Tabla 5.16. Cargas en soporte del nodo 60 ("descarga")



Nodo 150 (Apoyo y guía en Z)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	2236	-8906	774	0	0	0
2(OPE)	-3067	-10223	2172	0	0	0
3(OPE)	26	-9747	2106	0	0	0
4(OPE)	-3409	-11364	4040	0	0	0
5(OPE)	-3014	-10047	2159	0	0	0
6(OPE)	-3120	-10399	2184	0	0	0
7(OPE)	-3055	-10183	2291	0	0	0
8(OPE)	-3079	-10263	2053	0	0	0
9(OPE)	1128	-9738	2082	0	0	0
10(OPE)	-1077	-9755	2129	0	0	0
11(OPE)	58	-9774	2266	0	0	0
12(OPE)	13	-9786	1987	0	0	0
MAX	-3409/L4	-11364/L4	4040/L4	0	0	0

Tabla 5.17. Cargas en soporte del nodo 150 ("descarga").

Nodo 190 (Apoyo y guía en Z)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	1771	-10500	-447	0	0	0
2(OPE)	1428	-8204	399	0	0	0
3(OPE)	-2974	-9912	-498	0	0	0
4(OPE)	-2162	-7208	22	0	0	0
5(OPE)	1606	-8124	400	0	0	0
6(OPE)	1250	-8283	397	0	0	0
7(OPE)	1454	-8243	509	0	0	0
8(OPE)	1402	-8164	288	0	0	0
9(OPE)	-2958	-9860	-513	0	0	0
10(OPE)	-2989	-9964	-482	0	0	0
11(OPE)	-2963	-9876	-361	0	0	0
12(OPE)	-2960	-9868	-607	0	0	0
MAX	-2989/L10	-10500/L1	-607/L12	0	0	0

Tabla 5.18. Cargas en soporte del nodo 190 ("descarga")



Nodo 280 (Apoyo, guía y stop)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-1545	-4681	196	0	0	0
2(OPE)	-1416	-4863	-574	0	0	0
3(OPE)	4818	-5063	1422	0	0	0
4(OPE)	4917	-6418	2270	0	0	0
5(OPE)	-1355	-4968	-577	0	0	0
6(OPE)	-1477	-4758	-571	0	0	0
7(OPE)	-1455	-4865	-552	0	0	0
8(OPE)	-1378	-4861	-596	0	0	0
9(OPE)	5064	-5134	1440	0	0	0
10(OPE)	4573	-4992	1405	0	0	0
11(OPE)	4666	-5086	1414	0	0	0
12(OPE)	4813	-5066	1398	0	0	0
MAX	5064/L9	-6418/L4	2270/L4	0	0	0

Tabla 5.19. Cargas en soporte del nodo 280 ("descarga")

Nodos 330 - 331 (Cara bridada de la boquilla P-1B/TP2)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-116	-1308	-175	-44	18	23
2(OPE)	-164	-1254	764	398	-331	10
3(OPE)	-1992	-649	-1378	-586	-302	1182
4(OPE)	-2967	197	-2157	-1011	-317	1829
5(OPE)	-119	-1250	754	391	-323	-7
6(OPE)	-209	-1259	774	404	-339	28
7(OPE)	-158	-1245	872	446	-355	7
8(OPE)	-170	-1264	656	349	-307	14
9(OPE)	-1978	-646	-1387	-591	-308	1180
10(OPE)	-2006	-652	-1369	-581	-296	1184
11(OPE)	-1969	-636	-1236	-523	-330	1167
12(OPE)	-1991	-657	-1485	-634	-275	1182
MAX	-2967/L4	-1308/L1	-2157/L4	-1011/L4	-355/L7	1829/L4

Tabla 5.20. Cargas en la boquilla P-1B/TP2



Nodo 350 (Apoyo y guía en X)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-172	-6224	-407	0	0	0
2(OPE)	838	-6134	47	0	0	0
3(OPE)	709	-6138	1120	0	0	0
4(OPE)	1477	-5971	878	0	0	0
5(OPE)	1230	-6138	68	0	0	0
6(OPE)	446	-6130	25	0	0	0
7(OPE)	859	-6135	677	0	0	0
8(OPE)	819	-6132	-576	0	0	0
9(OPE)	1068	-6138	1129	0	0	0
10(OPE)	349	-6137	1110	0	0	0
11(OPE)	722	-6117	1835	0	0	0
12(OPE)	689	-6135	497	0	0	0
MAX	1477/L4	-6224/L1	1835/L11	0	0	0

Tabla 5.21. Cargas en soporte del nodo 350 ("descarga")

Nodo 380 (Apoyo y guía en Z)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	47	-6846	102	0	0	0
2(OPE)	1979	-6596	-3073	0	0	0
3(OPE)	1981	-6604	-3052	0	0	0
4(OPE)	1922	-6405	-5946	0	0	0
5(OPE)	1978	-6592	-3064	0	0	0
6(OPE)	1980	-6600	-3082	0	0	0
7(OPE)	1983	-6609	-2997	0	0	0
8(OPE)	1975	-6585	-3157	0	0	0
9(OPE)	1980	-6598	-3038	0	0	0
10(OPE)	1983	-6610	-3065	0	0	0
11(OPE)	1990	-6633	-2895	0	0	0
12(OPE)	1978	-6592	-3135	0	0	0
MAX	1990/L11	-6846/L1	-5946/L4	0	0	0

Tabla 5.22. Cargas en soporte del nodo 380 ("descarga")



Nodo 410 (Apoyo y guía en X)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	211	-4135	816	0	0	0
2(OPE)	691	-5021	-1506	0	0	0
3(OPE)	691	-5022	-1506	0	0	0
4(OPE)	900	-5291	-1587	0	0	0
5(OPE)	708	-5032	-1510	0	0	0
6(OPE)	674	-5009	-1503	0	0	0
7(OPE)	748	-5130	-1539	0	0	0
8(OPE)	635	-4920	-1476	0	0	0
9(OPE)	708	-5033	-1510	0	0	0
10(OPE)	674	-5010	-1503	0	0	0
11(OPE)	747	-5139	-1542	0	0	0
12(OPE)	635	-4921	-1476	0	0	0
MAX	900/L4	-5291/L4	-1587/L4	0	0	0

Tabla 5.23. Cargas en soporte del nodo 410 ("descarga")

Nodo 440 (Apoyo y guía en X)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-276	-4909	52	0	0	0
2(OPE)	-651	-4131	-1239	0	0	0
3(OPE)	-651	-4132	-1240	0	0	0
4(OPE)	-743	-3612	-1084	0	0	0
5(OPE)	-254	-4122	-1237	0	0	0
6(OPE)	-1048	-4141	-1242	0	0	0
7(OPE)	-708	-4124	-1237	0	0	0
8(OPE)	-594	-4139	-1242	0	0	0
9(OPE)	-253	-4122	-1237	0	0	0
10(OPE)	-1049	-4142	-1243	0	0	0
11(OPE)	-708	-4125	-1237	0	0	0
12(OPE)	-594	-4139	-1242	0	0	0
MAX	-1049/L10	-4909/L1	-1243/L10	0	0	0

Tabla 5.24. Cargas en soporte del nodo 440 ("descarga")



Nodo 460 (Apoyo y guía en X)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	299	-11315	-832	0	0	0
2(OPE)	578	-11580	-3474	0	0	0
3(OPE)	578	-11580	-3474	0	0	0
4(OPE)	530	-12030	-3609	0	0	0
5(OPE)	731	-11561	-3468	0	0	0
6(OPE)	424	-11600	-3480	0	0	0
7(OPE)	609	-11589	-3477	0	0	0
8(OPE)	546	-11572	-3472	0	0	0
9(OPE)	731	-11561	-3468	0	0	0
10(OPE)	425	-11599	-3480	0	0	0
11(OPE)	610	-11589	-3477	0	0	0
12(OPE)	546	-11572	-3472	0	0	0
MAX	731/L9	-12030/L4	-3609/L4	0	0	0

Tabla 5.25. Cargas en soporte del nodo 460 ("descarga")

Nodos 580 - 581 (Unión soldada boquilla E-2 C/N1 a equipo)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-191	-5836	594	717	161	1878
2(OPE)	-415	-5803	2909	-1416	1911	1513
3(OPE)	-415	-5802	2910	-1416	1911	1513
4(OPE)	-355	-5567	3301	-2138	2463	1318
5(OPE)	-269	-5824	2907	-1346	2005	1487
6(OPE)	-560	-5781	2911	-1486	1816	1539
7(OPE)	-441	-5784	3172	-1631	2052	1453
8(OPE)	-388	-5819	2648	-1204	1771	1572
9(OPE)	-269	-5823	2907	-1346	2005	1487
10(OPE)	-560	-5781	2912	-1487	1816	1539
11(OPE)	-442	-5782	3175	-1635	2054	1451
12(OPE)	-389	-5819	2649	-1205	1771	1571
MAX	-560/L10	-5836/L1	3301/L4	-2138/L4	2463/L4	1878/L1

Tabla 5.26. Cargas en la boquilla E-2C/N1.



Nodo 590 (Apoyo, guía y stop)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	1	-9210	-621	0	0	0
2(OPE)	-473	-8707	3290	0	0	0
3(OPE)	-429	-8702	3287	0	0	0
4(OPE)	-933	-8786	3760	0	0	0
5(OPE)	391	-8698	3275	0	0	0
6(OPE)	-1334	-8716	3305	0	0	0
7(OPE)	-503	-8602	4120	0	0	0
8(OPE)	-445	-8804	2512	0	0	0
9(OPE)	452	-8697	3271	0	0	0
10(OPE)	-1307	-8707	3302	0	0	0
11(OPE)	-451	-8585	4129	0	0	0
12(OPE)	-402	-8799	2510	0	0	0
MAX	-1334/L6	-9210/L1	4129/L11	0	0	0

Tabla 5.27. Cargas en soporte del nodo 590 ("descarga")

Nodo 600 (Apoyo y guía en Z)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-11	-7463	71	0	0	0
2(OPE)	-2158	-7193	-114	0	0	0
3(OPE)	-2158	-7194	-114	0	0	0
4(OPE)	-2045	-6816	-119	0	0	0
5(OPE)	-2159	-7195	-118	0	0	0
6(OPE)	-2157	-7191	-110	0	0	0
7(OPE)	-2178	-7259	299	0	0	0
8(OPE)	-2139	-7128	-530	0	0	0
9(OPE)	-2159	-7196	-118	0	0	0
10(OPE)	-2158	-7192	-110	0	0	0
11(OPE)	-2179	-7264	299	0	0	0
12(OPE)	-2139	-7129	-530	0	0	0
MAX	-2179/L11	-7463/L1	-530/L12	0	0	0

Tabla 5.28. Cargas en soporte del nodo 600 ("descarga")



Nodo 690 (Apoyo y guía en Z)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	2970	-13688	-137	0	0	0
2(OPE)	-5150	-17166	-70	0	0	0
3(OPE)	-5150	-17166	-69	0	0	0
4(OPE)	-5858	-19528	8	0	0	0
5(OPE)	-5029	-16762	-57	0	0	0
6(OPE)	-5243	-17478	-79	0	0	0
7(OPE)	-5121	-17071	95	0	0	0
8(OPE)	-5178	-17259	-233	0	0	0
9(OPE)	-5028	-16761	-57	0	0	0
10(OPE)	-5243	-17477	-79	0	0	0
11(OPE)	-5121	-17069	95	0	0	0
12(OPE)	-5177	-17258	-233	0	0	0
MAX	-5858/L4	-19528/L4	-233/L8	0	0	0

Tabla 5.29. Cargas en soporte del nodo 690 ("descarga")

Nodo 760 (Apoyo, guía y stop)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-3273	-9908	588	0	0	0
2(OPE)	2824	-5493	1428	0	0	0
3(OPE)	2823	-5493	1427	0	0	0
4(OPE)	1083	-1507	2345	0	0	0
5(OPE)	2701	-5081	1406	0	0	0
6(OPE)	2333	-5980	1446	0	0	0
7(OPE)	2803	-5494	1513	0	0	0
8(OPE)	2846	-5490	1341	0	0	0
9(OPE)	2700	-5081	1406	0	0	0
10(OPE)	2333	-5980	1446	0	0	0
11(OPE)	2803	-5494	1512	0	0	0
12(OPE)	2846	-5490	1341	0	0	0
MAX	-3273/L1	-9908/L1	2345/L4	0	0	0

Tabla 5.30. Cargas en soporte del nodo 760 ("descarga")



Nodo 930 (Apoyo, guía y stop)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	1932	-13549	92	0	0	0
2(OPE)	-1528	-15370	-749	0	0	0
3(OPE)	-1528	-15370	-749	0	0	0
4(OPE)	89	-16970	-1736	0	0	0
5(OPE)	-1046	-15754	-774	0	0	0
6(OPE)	-1977	-14987	-725	0	0	0
7(OPE)	-1508	-15374	-566	0	0	0
8(OPE)	-1544	-15366	-933	0	0	0
9(OPE)	-1046	-15754	-773	0	0	0
10(OPE)	-1977	-14987	-725	0	0	0
11(OPE)	-1508	-15374	-564	0	0	0
12(OPE)	-1544	-15366	-932	0	0	0
MAX	-1977/L10	-16970/L4	-1736/L4	0	0	0

Tabla 5.31. Cargas en soporte del nodo 930 ("descarga")

Nodo 1000 (Apoyo y guía en Z)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-1576	-12438	489	0	0	0
2(OPE)	3680	-12268	1050	0	0	0
3(OPE)	3680	-12268	1050	0	0	0
4(OPE)	3709	-12365	1668	0	0	0
5(OPE)	3817	-12722	1095	0	0	0
6(OPE)	3550	-11833	1006	0	0	0
7(OPE)	3689	-12296	1156	0	0	0
8(OPE)	3673	-12244	945	0	0	0
9(OPE)	3817	-12722	1094	0	0	0
10(OPE)	3550	-11833	1006	0	0	0
11(OPE)	3689	-12296	1155	0	0	0
12(OPE)	3673	-12244	945	0	0	0
MAX	3817/L5	-12722/L5	1668/L4	0	0	0

Tabla 5.32. Cargas en soporte del nodo 1000 ("descarga")



Nodo 1130 (Apoyo y guía en X)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-476	-8445	-104	0	0	0
2(OPE)	-1150	-8569	1259	0	0	0
3(OPE)	-1150	-8569	1259	0	0	0
4(OPE)	-1431	-8395	1473	0	0	0
5(OPE)	-903	-8475	1246	0	0	0
6(OPE)	-1412	-8660	1313	0	0	0
7(OPE)	-1277	-8560	2170	0	0	0
8(OPE)	-1059	-8573	451	0	0	0
9(OPE)	-903	-8475	1246	0	0	0
10(OPE)	-1412	-8660	1313	0	0	0
11(OPE)	-1277	-8560	2170	0	0	0
12(OPE)	-1059	-8573	451	0	0	0
MAX	-1431/L4	-8660/L6	2170/L11	0	0	0

Tabla 5.33. Cargas en soporte del nodo 1130 ("descarga")

Nodo 1160 (Apoyo y guía en X)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	298	-3364	132	0	0	0
2(OPE)	829	-3248	-974	0	0	0
3(OPE)	829	-3248	-974	0	0	0
4(OPE)	1057	-2899	-870	0	0	0
5(OPE)	1107	-3342	-1003	0	0	0
6(OPE)	560	-3156	-947	0	0	0
7(OPE)	931	-3267	-980	0	0	0
8(OPE)	753	-3236	-971	0	0	0
9(OPE)	1107	-3342	-1003	0	0	0
10(OPE)	560	-3156	-947	0	0	0
11(OPE)	931	-3267	-980	0	0	0
12(OPE)	753	-3236	-971	0	0	0
MAX	1107/L9	-3364/L1	-1003/L5	0	0	0

Tabla 5.34. Cargas en soporte del nodo 1160 ("descarga")



Nodo 1180 (Apoyo y guía en X)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	128	-11200	-1342	0	0	0
2(OPE)	307	-10857	3257	0	0	0
3(OPE)	307	-10857	3257	0	0	0
4(OPE)	406	-9858	2957	0	0	0
5(OPE)	410	-10857	3257	0	0	0
6(OPE)	203	-10859	3258	0	0	0
7(OPE)	316	-10893	3268	0	0	0
8(OPE)	297	-10826	3248	0	0	0
9(OPE)	410	-10857	3257	0	0	0
10(OPE)	203	-10859	3258	0	0	0
11(OPE)	316	-10893	3268	0	0	0
12(OPE)	297	-10826	3248	0	0	0
MAX	410/L5	-11200/L1	3268/L11	0	0	0

Tabla 5.35. Cargas en soporte del nodo 1180 ("descarga")

Nodo 1230 (Apoyo, guía y stop)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-102	-8346	904	0	0	0
2(OPE)	-210	-7444	-4979	0	0	0
3(OPE)	-210	-7444	-4979	0	0	0
4(OPE)	-71	-4322	-6295	0	0	0
5(OPE)	-39	-7441	-4947	0	0	0
6(OPE)	-381	-7446	-5003	0	0	0
7(OPE)	-216	-7398	-4708	0	0	0
8(OPE)	-203	-7484	-5241	0	0	0
9(OPE)	-39	-7441	-4947	0	0	0
10(OPE)	-381	-7446	-5003	0	0	0
11(OPE)	-216	-7398	-4708	0	0	0
12(OPE)	-203	-7484	-5241	0	0	0
MAX	-381/L6	-8346/L1	-6295/L4	0	0	0

Tabla 5.36. Cargas en soporte del nodo 1230 ("descarga")



Nodos 1340-1341 (Unión soldada boquilla E-2A/N2 a equipo)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	7	-4347	-26	247	-45	260
2(OPE)	-0	-6566	925	1502	948	2865
3(OPE)	-0	-6566	925	1502	948	2865
4(OPE)	-228	-11057	1688	5492	1491	7816
5(OPE)	244	-6544	921	1472	1211	2687
6(OPE)	-244	-6587	929	1532	687	3041
7(OPE)	10	-6566	1103	1625	1106	2868
8(OPE)	-9	-6564	746	1378	795	2859
9(OPE)	244	-6544	921	1472	1211	2687
10(OPE)	-244	-6587	929	1532	687	3041
11(OPE)	10	-6566	1103	1625	1106	2868
12(OPE)	-9	-6564	746	1378	795	2859
MAX	244/L5	-11057/L4	1688/L4	5492/L4	1491/L4	7816/L4

Tabla 5.37. Cargas en la boquilla E-2A/N2.

Nodo 1360 (Apoyo y guía en X)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	964	-8817	-692	0	0	0
2(OPE)	2970	-15083	-102	0	0	0
3(OPE)	2970	-15083	-101	0	0	0
4(OPE)	5110	-21497	492	0	0	0
5(OPE)	3268	-15184	-85	0	0	0
6(OPE)	2671	-14982	-118	0	0	0
7(OPE)	2973	-15111	451	0	0	0
8(OPE)	2966	-15054	-653	0	0	0
9(OPE)	3268	-15184	-85	0	0	0
10(OPE)	2671	-14982	-118	0	0	0
11(OPE)	2973	-15112	452	0	0	0
12(OPE)	2966	-15054	-653	0	0	0
MAX	5110/L4	-21497/L4	-692/L1	0	0	0

Tabla 5.38. Cargas en soporte del nodo 1360 ("descarga")



Nodo 1390 (Guía vertical en X y Z)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-1036	0	39	0	0	0
2(OPE)	-3372	0	-560	0	0	0
3(OPE)	-3372	0	-560	0	0	0
4(OPE)	-5864	0	-1206	0	0	0
5(OPE)	-3213	0	-564	0	0	0
6(OPE)	-3531	0	-557	0	0	0
7(OPE)	-3385	0	-354	0	0	0
8(OPE)	-3359	0	-766	0	0	0
9(OPE)	-3213	0	-564	0	0	0
10(OPE)	-3531	0	-557	0	0	0
11(OPE)	-3385	0	-354	0	0	0
12(OPE)	-3359	0	-766	0	0	0
MAX	-5864/L4	0	-1206/L4	0	0	0

Tabla 5.39. Cargas en soporte del nodo 1390 ("descarga")

Nodo 1400 (Apoyo y guía vertical en X y Z)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	161	-6610	-73	0	0	0
2(OPE)	700	-5211	732	0	0	0
3(OPE)	700	-5211	732	0	0	0
4(OPE)	1280	-3391	1571	0	0	0
5(OPE)	871	-5119	729	0	0	0
6(OPE)	529	-5301	734	0	0	0
7(OPE)	706	-5195	894	0	0	0
8(OPE)	693	-5224	567	0	0	0
9(OPE)	871	-5119	729	0	0	0
10(OPE)	529	-5301	734	0	0	0
11(OPE)	706	-5195	894	0	0	0
12(OPE)	693	-5224	567	0	0	0
MAX	1280/L4	-6610/L1	1571/L4	0	0	0

Tabla 5.40. Cargas en soporte del nodo 1400 ("descarga")



Nodo 1430 (Apoyo y guía vertical en X y Z)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	85	-9945	-176	0	0	0
2(OPE)	-18	-6096	-1693	0	0	0
3(OPE)	-18	-6096	-1693	0	0	0
4(OPE)	-134	-1839	-3359	0	0	0
5(OPE)	276	-6098	-1693	0	0	0
6(OPE)	-316	-6106	-1694	0	0	0
7(OPE)	-23	-6056	-1413	0	0	0
8(OPE)	-11	-6159	-1975	0	0	0
9(OPE)	276	-6098	-1693	0	0	0
10(OPE)	-316	-6106	-1694	0	0	0
11(OPE)	-23	-6056	-1413	0	0	0
12(OPE)	-11	-6159	-1975	0	0	0
MAX	-316/L6	-9945/L1	-3359/L4	0	0	0

Tabla 5.41. Cargas en soporte del nodo 1430 ("descarga")

Nodo 1570 (Cara bridada de la boquilla E-1A/N1 A)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-2022	-699	21	92	-14	458
2(OPE)	-9664	-2485	-7	124	-18	1100
3(OPE)	-9664	-2485	-7	124	-18	1100
4(OPE)	-11986	-2962	-49	184	-28	1304
5(OPE)	-9472	-2442	-6	124	-18	1085
6(OPE)	-9344	-2396	-6	125	-19	1075
7(OPE)	-9526	-2463	22	167	-24	1088
8(OPE)	-9627	-2474	-34	83	-13	1098
9(OPE)	-9472	-2442	-6	124	-18	1085
10(OPE)	-9344	-2396	-6	125	-19	1075
11(OPE)	-9526	-2463	22	167	-24	1088
12(OPE)	-9627	-2474	-34	83	-13	1098
MAX	-11986/L4	-2962/L4	-49/L4	184/L4	-28/L4	1304/L4

Tabla 5.42. Cargas en la boquilla E-1A/N1 A.



Nodo 1590 (Cara bridada de la boquilla E-1A/N1 B)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-104	-6767	44	202	-14	-598
2(OPE)	-9779	-14035	116	288	-38	-256
3(OPE)	-9779	-14035	116	288	-38	-256
4(OPE)	-12801	-17919	281	445	-79	-193
5(OPE)	-9543	-13919	108	287	-37	-265
6(OPE)	-9392	-14105	114	289	-37	-282
7(OPE)	-9601	-13626	258	380	-54	-255
8(OPE)	-9739	-14121	-30	199	-20	-260
9(OPE)	-9543	-13919	108	287	-37	-265
10(OPE)	-9392	-14105	114	289	-37	-282
11(OPE)	-9601	-13626	258	380	-54	-255
12(OPE)	-9739	-14121	-30	199	-20	-260
MAX	-12801/L4	-17919/L4	281/L4	445/L4	-79/L4	-598/L1

Tabla 5.43. Cargas en la boquilla E-1A/N1 B.

Nodo 1640 (Cara bridada de la boquilla E-1B/N1 B)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-1790	-4496	46	202	14	637
2(OPE)	260	4875	233	303	20	264
3(OPE)	260	4875	233	303	20	264
4(OPE)	-435	9235	356	459	16	182
5(OPE)	274	4734	242	304	21	268
6(OPE)	-228	4728	234	305	20	296
7(OPE)	447	4448	400	399	28	266
8(OPE)	153	4959	70	212	12	267
9(OPE)	274	4734	242	304	21	268
10(OPE)	-228	4728	234	305	20	296
11(OPE)	447	4448	400	399	28	266
12(OPE)	153	4959	70	212	12	267
MAX	-1790/L1	9235/L4	400/L11	459/L4	28/L11	637/L1

Tabla 5.44. Cargas en la boquilla E-1B/N1 B.



Nodo 1660 (Cara bridada de la boquilla E-1B/N1 A)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	580	-408	21	92	14	-331
2(OPE)	2689	-1304	51	139	26	-454
3(OPE)	2689	-1304	51	139	26	-454
4(OPE)	2264	-1344	115	218	43	-399
5(OPE)	2703	-1302	48	139	26	-455
6(OPE)	2279	-1193	52	140	26	-423
7(OPE)	2828	-1325	107	189	35	-468
8(OPE)	2605	-1287	-4	92	17	-447
9(OPE)	2703	-1302	48	139	26	-455
10(OPE)	2279	-1193	52	140	26	-423
11(OPE)	2828	-1325	107	189	35	-468
12(OPE)	2605	-1287	-4	92	17	-447
MAX	2828/L7	-1344/L4	115/L4	218/L4	43/L4	-468/L7

Tabla 5.45. Cargas en la boquilla E-1B/N1 A.

Nodo 1770 (Cara bridada de la boquilla E-1D/N1 B)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	2008	-696	21	91	14	-457
2(OPE)	9655	-2483	-8	126	19	-1100
3(OPE)	9655	-2483	-8	126	19	-1100
4(OPE)	11994	-2963	-52	190	29	-1304
5(OPE)	9638	-2474	-8	127	19	-1098
6(OPE)	9420	-2431	-6	127	19	-1081
7(OPE)	9518	-2461	21	170	24	-1087
8(OPE)	9626	-2475	-35	85	13	-1098
9(OPE)	9638	-2474	-8	127	19	-1098
10(OPE)	9420	-2431	-6	127	19	-1081
11(OPE)	9518	-2461	21	170	24	-1087
12(OPE)	9626	-2475	-35	85	13	-1098
MAX	11994/L4	-2963/L4	-52/L4	190/L4	29/L4	-1304/L4

Tabla 5.46. Cargas en la boquilla E-1D/N1 B.



Nodo 1790 (Cara bridada de la boquilla E-1D/N1 A)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	86	-6728	43	201	14	598
2(OPE)	9768	-14026	122	293	39	257
3(OPE)	9768	-14026	122	293	39	257
4(OPE)	12813	-17941	297	458	82	193
5(OPE)	9758	-14105	123	294	39	261
6(OPE)	9474	-13831	113	294	38	266
7(OPE)	9591	-13619	264	386	55	256
8(OPE)	9739	-14106	-24	205	21	260
9(OPE)	9758	-14105	123	294	39	261
10(OPE)	9474	-13831	113	294	38	266
11(OPE)	9591	-13619	264	386	55	256
12(OPE)	9739	-14106	-24	205	21	260
MAX	12813/L4	-17941/L4	297/L4	458/L4	82/L4	598/L1

Tabla 5.47. Cargas en la boquilla E-1D/N1 A.

Nodo 1840 (Cara bridada de la boquilla E-1C/N1 B)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	1772	-4535	43	201	-14	-637
2(OPE)	-261	4858	242	309	-20	-265
3(OPE)	-261	4858	242	309	-20	-265
4(OPE)	440	9245	373	473	-17	-182
5(OPE)	-71	4870	240	310	-20	-275
6(OPE)	-291	4632	253	312	-22	-270
7(OPE)	-448	4433	409	405	-29	-266
8(OPE)	-166	4942	77	217	-13	-267
9(OPE)	-71	4870	240	310	-20	-275
10(OPE)	-291	4632	253	312	-22	-270
11(OPE)	-448	4433	409	405	-29	-266
12(OPE)	-166	4942	77	217	-13	-267
MAX	1772/L1	9245/L4	409/L7	473/L4	-29/L7	-637/L1

Tabla 5.48. Cargas en la boquilla E-1C/N1 B.



Nodo 1860 (Cara bridada de la boquilla E-1C/N1 A)						
Caso	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1(HYD)	-594	-411	21	91	-14	333
2(OPE)	-2688	-1304	52	142	-27	454
3(OPE)	-2688	-1304	52	142	-27	454
4(OPE)	-2259	-1342	118	224	-45	399
5(OPE)	-2529	-1263	54	143	-27	442
6(OPE)	-2713	-1301	48	143	-26	457
7(OPE)	-2828	-1324	108	191	-36	468
8(OPE)	-2615	-1288	-3	95	-18	448
9(OPE)	-2529	-1263	54	143	-27	442
10(OPE)	-2713	-1301	48	143	-26	457
11(OPE)	-2828	-1324	108	191	-36	468
12(OPE)	-2615	-1288	-3	95	-18	448
MAX	-2828/L11	-1342/L4	118/L4	224/L4	-45/L4	468/L11

Tabla 5.49. Cargas en la boquilla E-1C/N1 A.

5.4.2.4. Tensiones en los elementos

En los casos de prueba hidráulica (caso 1), de cargas sostenidas (casos 13, 14 y 15), de cargas térmicas (casos 16, 17 y 18), cargas ocasionales (casos 19, 20, 21, 22) y de cargas sostenidas con cargas ocasionales (casos 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30) se tiene el siguiente informe de tensiones máximas:

- Caso de carga 1

Máximo esfuerzo axial:	18834.7 kPa (Nodo 1400)
Máximo esfuerzo flector:	27949.3 kPa (Nodo 1098)
Máximo esfuerzo torsor:	861.2 kPa (Nodo 1108)
Máximo esfuerzo combinado:	44753.6 kPa (Nodo 1098)
Esfuerzo máximo admisible:	241311 kPa
Ratio:	18.5%



- Caso de carga 13

Máximo esfuerzo axial:	14626.1 kPa (Nodo 1400)
Máximo esfuerzo flector:	53264.2 kPa (Nodo 1098)
Máximo esfuerzo torsor:	1642.7 kPa (Nodo 1108)
Máximo esfuerzo combinado:	63976 kPa (Nodo 1098)
Esfuerzo máximo admisible:	137892 kPa
Ratio:	46.4%

- Caso de carga 14

Máximo esfuerzo axial:	14626.1 kPa (Nodo 1400)
Máximo esfuerzo flector:	53264.2 kPa (Nodo 1098)
Máximo esfuerzo torsor:	1642.7 kPa (Nodo 1108)
Máximo esfuerzo combinado:	63976 kPa (Nodo 1098)
Esfuerzo máximo admisible:	137892 kPa
Ratio:	46.4%

- Caso de carga 15

Máximo esfuerzo axial:	25285.2 kPa (Nodo 1400)
Máximo esfuerzo flector:	53264.2 kPa (Nodo 1098)
Máximo esfuerzo torsor:	1642.7 kPa (Nodo 1108)
Máximo esfuerzo combinado:	74635.1 kPa (Nodo 1098)
Esfuerzo máximo admisible:	137892 kPa
Ratio:	54.1%

- Caso de carga 16

Máximo esfuerzo axial:	3242.1 kPa (Nodo 1730)
Máximo esfuerzo flector:	37321.6 kPa (Nodo 1720)
Máximo esfuerzo torsor:	2929.2 kPa (Nodo 369)
Máximo esfuerzo combinado:	37328.7 kPa (Nodo 1720)
Esfuerzo máximo admisible:	313771.6 kPa
Ratio:	11.9%

- Caso de carga 17

Máximo esfuerzo axial:	3242.1 kPa (Nodo 1730)
Máximo esfuerzo flector:	37321.6 kPa (Nodo 1720)
Máximo esfuerzo torsor:	2890.4 kPa (Nodo 369)
Máximo esfuerzo combinado:	37328.7 kPa (Nodo 1720)
Esfuerzo máximo admisible:	313771.6 kPa
Ratio:	11.9%



- Caso de carga 18

Máximo esfuerzo axial:	4253.9 kPa (Nodo 1730)
Máximo esfuerzo flector:	70086.7 kPa (Nodo 1379)
Máximo esfuerzo torsor:	4977.9 kPa (Nodo 360)
Máximo esfuerzo combinado:	70216.1 kPa (Nodo 1379)
Esfuerzo máximo admisible:	291172.8 kPa
Ratio:	24.1%

- Caso de carga 19

Máximo esfuerzo axial:	289.5 kPa (Nodo 818)
Máximo esfuerzo flector:	4731.8 kPa (Nodo 1050)
Máximo esfuerzo torsor:	907.3 kPa (Nodo 1179)
Máximo esfuerzo combinado:	4803.7 kPa (Nodo 1050)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	2.6%

- Caso de carga 20

Máximo esfuerzo axial:	288.7 kPa (Nodo 1600)
Máximo esfuerzo flector:	4577.2 kPa (Nodo 1050)
Máximo esfuerzo torsor:	891.7 kPa (Nodo 1179)
Máximo esfuerzo combinado:	4655.2 kPa (Nodo 1050)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	2.5%

- Caso de carga 21

Máximo esfuerzo axial:	226.7 kPa (Nodo 1468)
Máximo esfuerzo flector:	5885.2 kPa (Nodo 400)
Máximo esfuerzo torsor:	415.5 kPa (Nodo 370)
Máximo esfuerzo combinado:	6077.8 kPa (Nodo 400)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	3.3%

- Caso de carga 22

Máximo esfuerzo axial:	174.5 kPa (Nodo 400)
Máximo esfuerzo flector:	5410.6 kPa (Nodo 400)
Máximo esfuerzo torsor:	382.7 kPa (Nodo 370)
Máximo esfuerzo combinado:	5585.1 kPa (Nodo 400)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	3%



- Caso de carga 23

Máximo esfuerzo axial:	14593.6 kPa (Nodo 1400)
Máximo esfuerzo flector:	56688.6 kPa (Nodo 1098)
Máximo esfuerzo torsor:	1632.2 kPa (Nodo 1108)
Máximo esfuerzo combinado:	67409.2 kPa (Nodo 1098)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	36.8%

- Caso de carga 24

Máximo esfuerzo axial:	14658.5 kPa (Nodo 1400)
Máximo esfuerzo flector:	56665.4 kPa (Nodo 1098)
Máximo esfuerzo torsor:	1852.4 kPa (Nodo 520)
Máximo esfuerzo combinado:	67385.8 kPa (Nodo 1098)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	36.7%

- Caso de carga 25

Máximo esfuerzo axial:	14618.3 kPa (Nodo 1400)
Máximo esfuerzo flector:	54171.7 kPa (Nodo 1098)
Máximo esfuerzo torsor:	1689.7 kPa (Nodo 1108)
Máximo esfuerzo combinado:	64883.8 kPa (Nodo 1098)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	35.4%

- Caso de carga 26

Máximo esfuerzo axial:	14634 kPa (Nodo 1400)
Máximo esfuerzo flector:	54146 kPa (Nodo 1098)
Máximo esfuerzo torsor:	1592.5 kPa (Nodo 1108)
Máximo esfuerzo combinado:	64858.4 kPa (Nodo 1098)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	35.4%

- Caso de carga 27

Máximo esfuerzo axial:	14593.6 kPa (Nodo 1400)
Máximo esfuerzo flector:	56688.6 kPa (Nodo 1098)
Máximo esfuerzo torsor:	1632.2 kPa (Nodo 1108)
Máximo esfuerzo combinado:	67409.2 kPa (Nodo 1098)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	36.8%



- Caso de carga 28

Máximo esfuerzo axial:	14658.5 kPa (Nodo 1400)
Máximo esfuerzo flector:	56665.4 kPa (Nodo 1098)
Máximo esfuerzo torsor:	1852.9 kPa (Nodo 520)
Máximo esfuerzo combinado:	67385.8 kPa (Nodo 1098)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	36.7%

- Caso de carga 29

Máximo esfuerzo axial:	14618.3 kPa (Nodo 1400)
Máximo esfuerzo flector:	54171.7 kPa (Nodo 1098)
Máximo esfuerzo torsor:	1689.7 kPa (Nodo 1108)
Máximo esfuerzo combinado:	64883.8 kPa (Nodo 1098)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	35.4%

- Caso de carga 30

Máximo esfuerzo axial:	14634 kPa (Nodo 1400)
Máximo esfuerzo flector:	54146 kPa (Nodo 1098)
Máximo esfuerzo torsor:	1592.5 kPa (Nodo 1108)
Máximo esfuerzo combinado:	64858.4 kPa (Nodo 1098)
Esfuerzo máximo admisible:	183396.4 kPa
Ratio:	35.4%

5.5. COMPROBACIÓN DE RESULTADOS

5.5.1 Tensiones en los elementos

En los apartados 5.4.1.4 y 5.4.2.4 se muestran los informes de tensiones máximas en los elementos. En estos informes se puede observar que en todos los casos, los esfuerzos se encuentran por debajo de los admisibles con unos márgenes de seguridad elevados.

El esfuerzo más desfavorable se da en el caso de carga 15 en ambos cálculos, siendo del 43.2% del esfuerzo admisible en el cálculo de la succión de las bombas (nodo 260) y del 54.1% en el cálculo de la descarga (nodo 1098).



5.5.2 Desplazamientos

En los apartados 5.4.1.2 y 5.4.2.2 aparecen los desplazamientos máximos en cada nodo entre los desplazamientos sufridos en cada caso de carga.

En ningún caso aparecen desplazamientos verticales mayores al límite establecido por la especificación del proyecto (15 mm). Estos desplazamientos son máximos en las conexiones a los equipos donde el comportamiento de estos impone dichos desplazamientos como condición de borde. En el resto de la línea son mucho menores.

Los desplazamientos horizontales en ningún caso provocan riesgos de choques con otras líneas o elementos dado el trazado de la línea de estudio que permite asumir estos desplazamientos máximos en el sentido que se indica en los informes.

5.5.3 Cargas en las restricciones

Al analizar las cargas resultantes de los cálculos en los apartados 5.4.1.3 y 5.4.2.3 se realizan varias comprobaciones.

En primer lugar se comprueba que en los puntos de apoyo la tubería no se levanta. En este caso, todos los puntos de apoyo existe una reacción vertical no nula, de forma que no existe dicho levantamiento.

La otra comprobación consiste en analizar si todas las cargas sobre las conexiones a las boquillas de los equipos están por debajo de las admisibles. Estas cargas deben estar por debajo en los casos de carga de prueba hidráulica y de operación. En los casos de diseño y ocasionales puede sobrepasarse ese límite siempre que no sea en un factor excesivo que se puede considerar del doble de las admisibles.

La boquilla V-1/N2 ha sido modelada en el estudio de la succión de las bombas. Al no disponer de cargas admisibles proporcionadas por el fabricante se considerarán correctas al tratarse de un equipo construido según normativa ASMEB31.3. [5] y no dar el estudio fallos por flexibilidad estando basado en dicha normativa. En todo caso, dichas cargas se proporcionarán al fabricante para su aprobación final.



Las cargas sobre las boquillas de las bombas P-1A y P-1B cumplen los admisibles según la norma API 610 [6] mostrados a continuación (en ejes correspondientes a los ejes del estudio y con F_r y M_r siendo la fuerza y el momento resultante de la composición de las tres coordenadas):

- Para las boquillas de succión (P-1A/TP1 y P-1B/TP1):
 $F_x=6670 \text{ N}$ $F_y=4450 \text{ N}$ $F_z=5340 \text{ N}$ $F_r=9630 \text{ N}$
 $M_x=5020 \text{ Nm}$ $M_y=3800 \text{ Nm}$ $M_z=2440 \text{ Nm}$ $M_r=6750 \text{ Nm}$
- Para las boquillas de descarga (P-1A/TP2 y P-1B/TP2):
 $F_x=5340 \text{ N}$ $F_y=6670 \text{ N}$ $F_z=4450 \text{ N}$ $F_r=9630 \text{ N}$
 $M_x=5020 \text{ Nm}$ $M_y=3800 \text{ Nm}$ $M_z=2440 \text{ Nm}$ $M_r=6750 \text{ Nm}$

Las cargas en las boquillas E-2C/N1 y E-2A/N2 están por debajo de las cargas máximas admisibles proporcionadas por el fabricante en los planos de los equipos (ver anexos) y que se muestran a continuación:

- $F_x=F_y=F_z=9004 \text{ N}$
- $M_x=M_y=M_z=6754 \text{ Nm}$

En las boquillas de los refrigeradores por aire se cumple con los admisibles basados en la norma API 661 [12]. En este caso el fabricante garantiza que el equipo soporta hasta tres veces los admisibles de dicha norma. Así, dichas cargas admisibles quedan de la siguiente manera:

- $F_x=15090 \text{ N}$ $F_y=15090 \text{ N}$ $F_z=12000 \text{ N}$
- $M_x=4890 \text{ Nm}$ $M_y=9150 \text{ Nm}$ $M_z=6420 \text{ Nm}$



CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

6.1. CONCLUSIONES

A nivel técnico, el estudio realizado arroja unos resultados que cumplen con la normativa vigente, tanto externa (normas internacionales) como interna (especificaciones del proyecto concreto).

Tanto los esfuerzos como los desplazamientos y cargas en las restricciones están dentro de los límites admisibles. Esto permite garantizar la integridad del sistema durante la operación de la planta de forma que ésta sea segura para el personal que en ella trabaje.

A nivel personal, el presente proyecto a supuesto un reto por la necesidad de profundizar en un campo tan especializado de la ingeniería.

El volumen de información que es necesario manejar para realizar un buen estudio de flexibilidad ha supuesto una experiencia enriquecedora por los conocimientos tan diversos que se pueden llegar a adquirir al estar en contacto directo con especialistas de campos muy diferentes de la ingeniería. Además, esta amplitud ha provocado que se necesite utilizar conocimientos muy variados de mecánica de sólidos, ingeniería de fluidos, ingeniería de materiales o neumática y oleohidráulica entre otros.

6.2. TRABAJOS FUTUROS

Como futuras líneas de trabajo se pueden considerar dos direcciones diferentes pero de igual interés y relevancia.

Se propone profundizar más en los cálculos de flexibilidad dado que existen casos especiales que el presente proyecto no recoge. Se trata por ejemplo de cálculo de flexibilidad en tuberías enterradas, cálculos específicos de fuga en bridas, cálculos modales para sistemas sometidos a vibración, etc. El análisis de esos casos especiales se considera un trabajo de magnitud por la multitud de casos particulares y que complementaría el trabajo expuesto en este proyecto.



También se propone la profundización en el siguiente paso lógico en la cadena de trabajo, los soportes. El presente proyecto incluye una introducción a los tipos de soportes más utilizados aunque no profundiza en la labor del diseño propiamente dicho de estos soportes. Se considera interesante un trabajo posterior en el que se analicen los soportes más comunes desde el punto de vista de su diseño mecánico que incluya cálculos de esfuerzos y dimensionamiento de los elementos (tornillos, abrazaderas, perfiles de acero, varillas, etc.) para una carga determinada.

Igualmente, se puede profundizar en el ámbito de los equipos, realizando trabajos de dimensionado de los mismos para las condiciones que requieren en el sistema. El dimensionado y selección de intercambiadores de calos o de bombas sería un trabajo relacionado con este proyecto y que complementarían el presente trabajo.



CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA

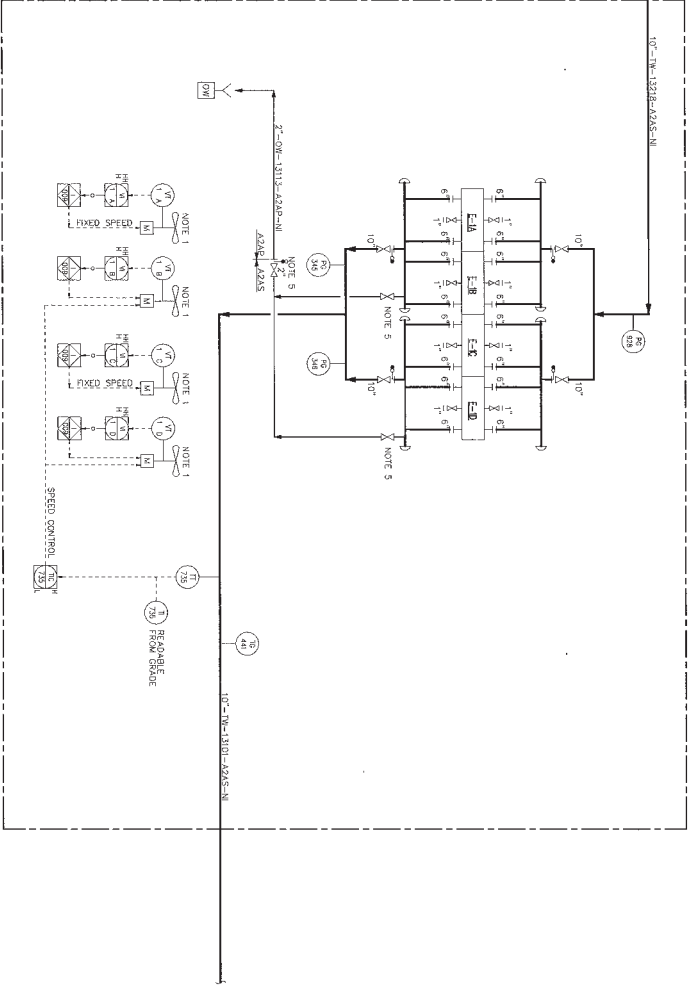
- [1] Kannappan, S. *"Introduction to Pipe Stress Analysis"*. ABI Enterprises, Inc, 2008.
- [2] <http://www.engineeringtoolbox.com> (Última visita a 17 de Febrero de 2011).
- [3] Enrique Carnicer Royo. *"Oleohidráulica: conceptos básicos"*. Ed. Paraninfo. 1998
- [4] ASME B31.1. *"Power Piping"*.
- [5] ASME B31.3. *"Process Piping"*.
- [6] API 610. *"Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries"*.
- [7] API 611. *"General Purpose Steam Turbines for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services"*.
- [8] API 617. *"Axial and Centrifugal Compressors and Expander-Compressors for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services"*.
- [9] API 618. *"Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services"*.
- [10] API 560. *"Fire Heaters for General Refinery Service"*.
- [11] API 650. *"Welded Steel Tanks for Oil Storage"*.
- [12] API 661. *"Air Cooled Heat Exchangers for General Refinery Service"*.
- [13] NEMA SM-23. *"Steam Turbines for Mechanical Drive Service"*.
- [14] EJMA 7Ed. *"Standards of the Expansion Joints Manufacturers Association"*.
- [15] <http://flexilatina.info> (Última visita a 16 de Abril de 2011).
- [16] <http://www.pipesupports.com> (Última visita a 10 de Marzo de 2011).
- [17] <http://www.pihasa.com> (Última visita a 14 de Abril de 2011).



CAPÍTULO 8: ANEXOS

8.1. P&ID's

- NOTES:**
1. SEE TYPICAL INSTRUMENT LOOPS, MOTORS AND TRIPS
 2. P&IDT IS REQUIRED.
 3. 50% OF FANS TO BE CONTROLLED BY VARIABLE SPEED DRIVER.
 4. ONE VIBRATION SWITCH AND ALARM PER MOTOR IS REQUIRED.
 5. AT LOWEST POINT
 6. PROVIDE 2 BAYS, 2 BUNDLES PER BAY AND 2 FANS PER BAY.

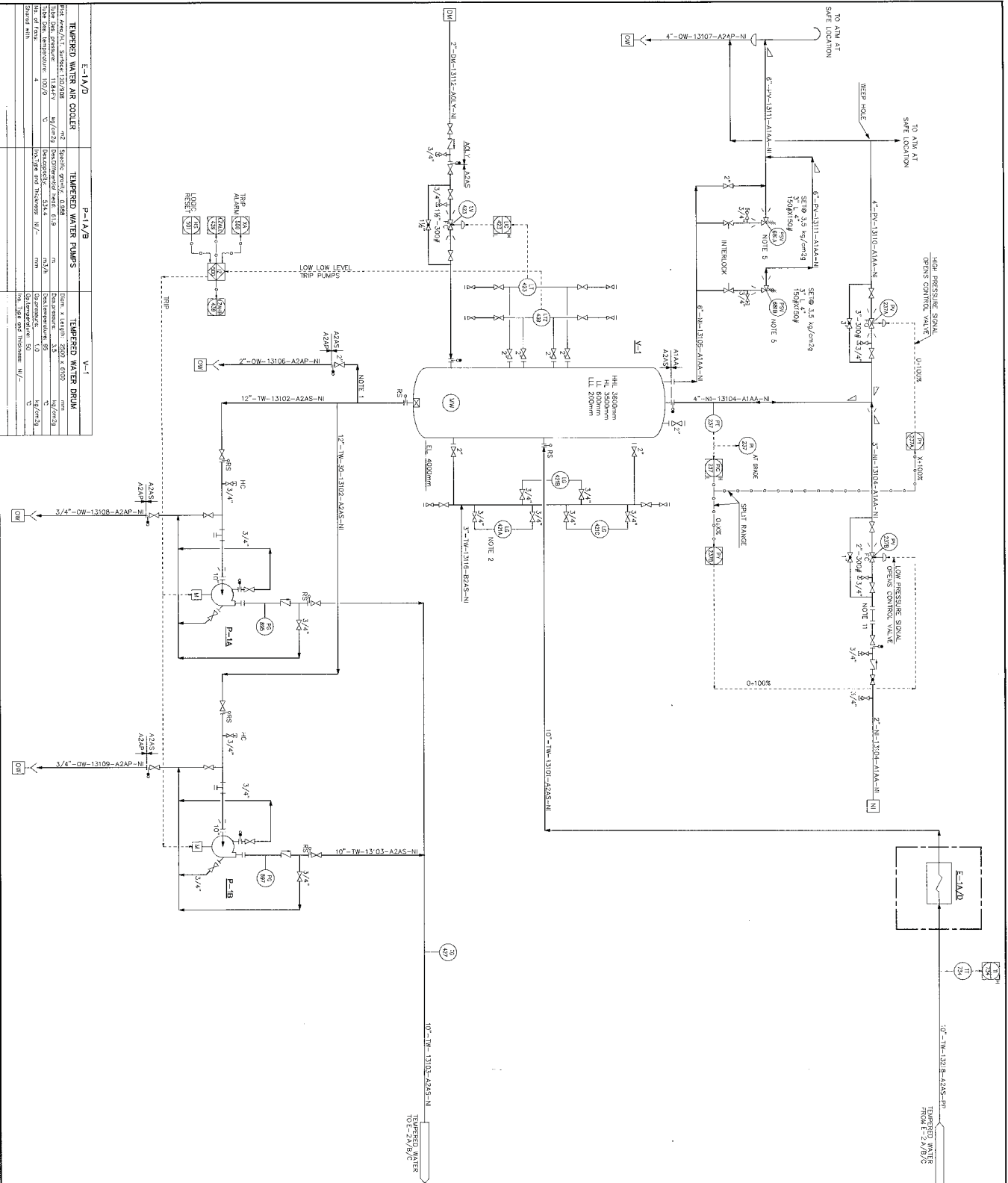


EQUIPMENT LIST
E-A/B/C/D

ITEM	DESCRIPTION	QTY	UNIT	REMARKS
1	COOLING WATER PUMP	1	HP	
2	COOLING WATER PUMP	1	HP	
3	COOLING WATER PUMP	1	HP	
4	COOLING WATER PUMP	1	HP	

ITEM	DESCRIPTION	QTY	UNIT	REMARKS
1	COOLING WATER PUMP	1	HP	
2	COOLING WATER PUMP	1	HP	
3	COOLING WATER PUMP	1	HP	
4	COOLING WATER PUMP	1	HP	

E-A/D	TEMPERED WATER AIR COOLER
1	COOLING WATER PUMP
2	COOLING WATER PUMP
3	COOLING WATER PUMP
4	COOLING WATER PUMP



E-14/D		P-14/B		V-1	
TEMPERED WATER AIR COOLER		TEMPERED WATER PUMPS		TEMPERED WATER DRUM	
Prod. flow, gpm, 150,000	m ³	Spindle, gpm, 0.009		Drum, 4 length, 2000 x 6100	mm
Temp. max, 100/100	°F/°C	Temp. max, 100/100	°F/°C	Temp. max, 100/100	°F/°C
Temp. min, 50/50	°F/°C	Temp. min, 50/50	°F/°C	Temp. min, 50/50	°F/°C
Max. pressure, 100/100	psi	Max. pressure, 100/100	psi	Max. pressure, 100/100	psi
Max. temp. rise, 100/100	°F/°C	Max. temp. rise, 100/100	°F/°C	Max. temp. rise, 100/100	°F/°C
Max. temp. drop, 100/100	°F/°C	Max. temp. drop, 100/100	°F/°C	Max. temp. drop, 100/100	°F/°C
Max. temp. rise, 100/100	°F/°C	Max. temp. rise, 100/100	°F/°C	Max. temp. rise, 100/100	°F/°C
Max. temp. drop, 100/100	°F/°C	Max. temp. drop, 100/100	°F/°C	Max. temp. drop, 100/100	°F/°C
Max. temp. rise, 100/100	°F/°C	Max. temp. rise, 100/100	°F/°C	Max. temp. rise, 100/100	°F/°C
Max. temp. drop, 100/100	°F/°C	Max. temp. drop, 100/100	°F/°C	Max. temp. drop, 100/100	°F/°C

NOTES:

1. LOCATE DRAIN AT LOWEST POINT.
2. TOTALY THE CYLINDICAL HEIGHT OF THE TANK.
3. SPOOL FOR ISOLATION FROM NITROGEN NET TO BE
4. POC-227 IS A SPLIT RANGE PRESSURE CONTROLLER.
5. SPLIT RANGE VALVES AND LINE SIZES TO BE DETERMINED DURING DETAILED ENGINEERING.

EQUIPMENT LIST

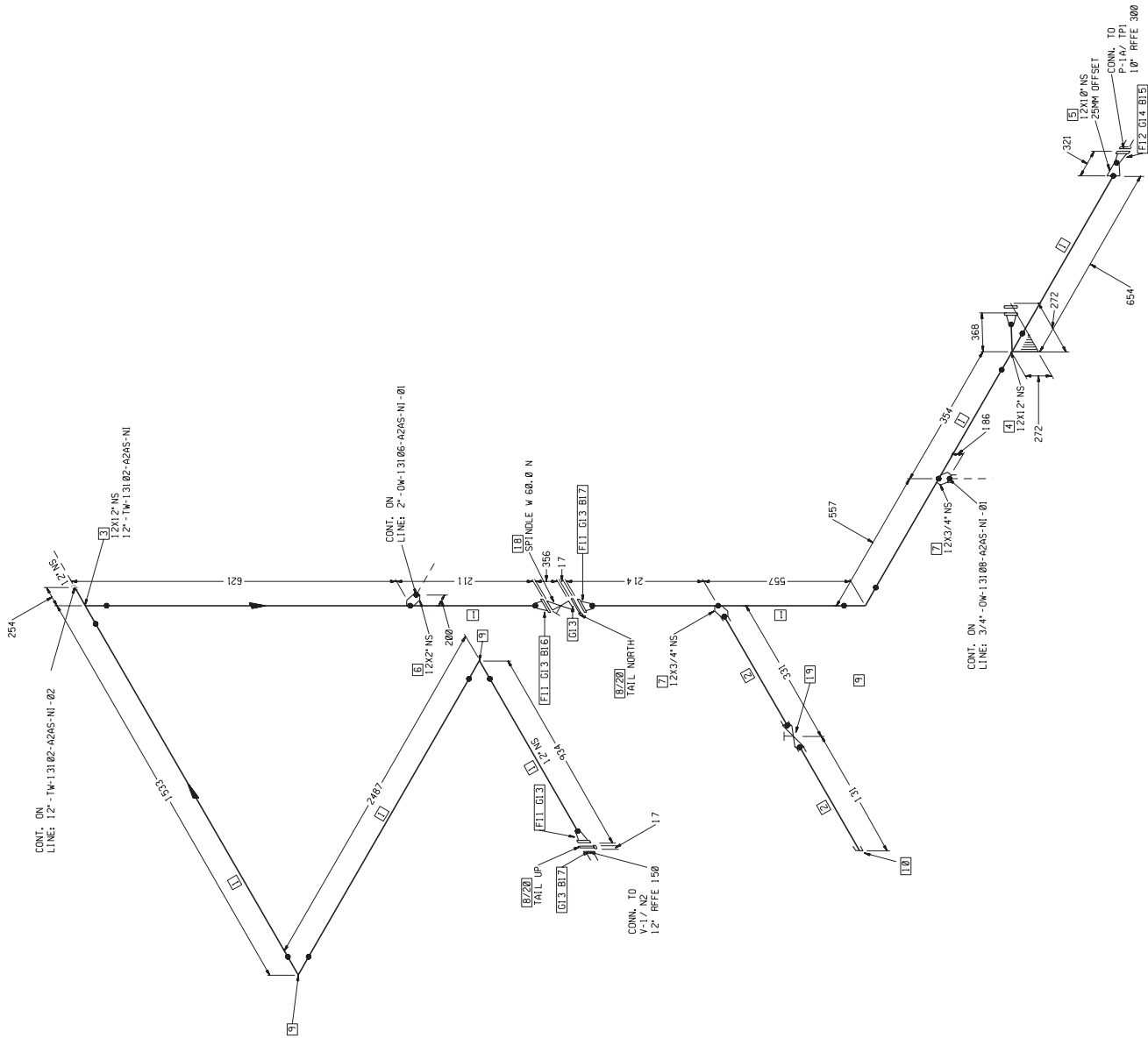
ITEM	DESCRIPTION	QTY	UNIT
1	TEMPERED WATER DRUM	1	DRUM
2	TEMPERED WATER PUMP	2	PUMP
3	TEMPERED WATER COOLER	1	COOLER
4	TEMPERED WATER VALVE	1	VALVE

ENGINEERING FOR DRAWING

DATE	BY	CHKD	APPD
10/10/20	J. A.	J. A.	J. A.



8.2. Planos Isométricos



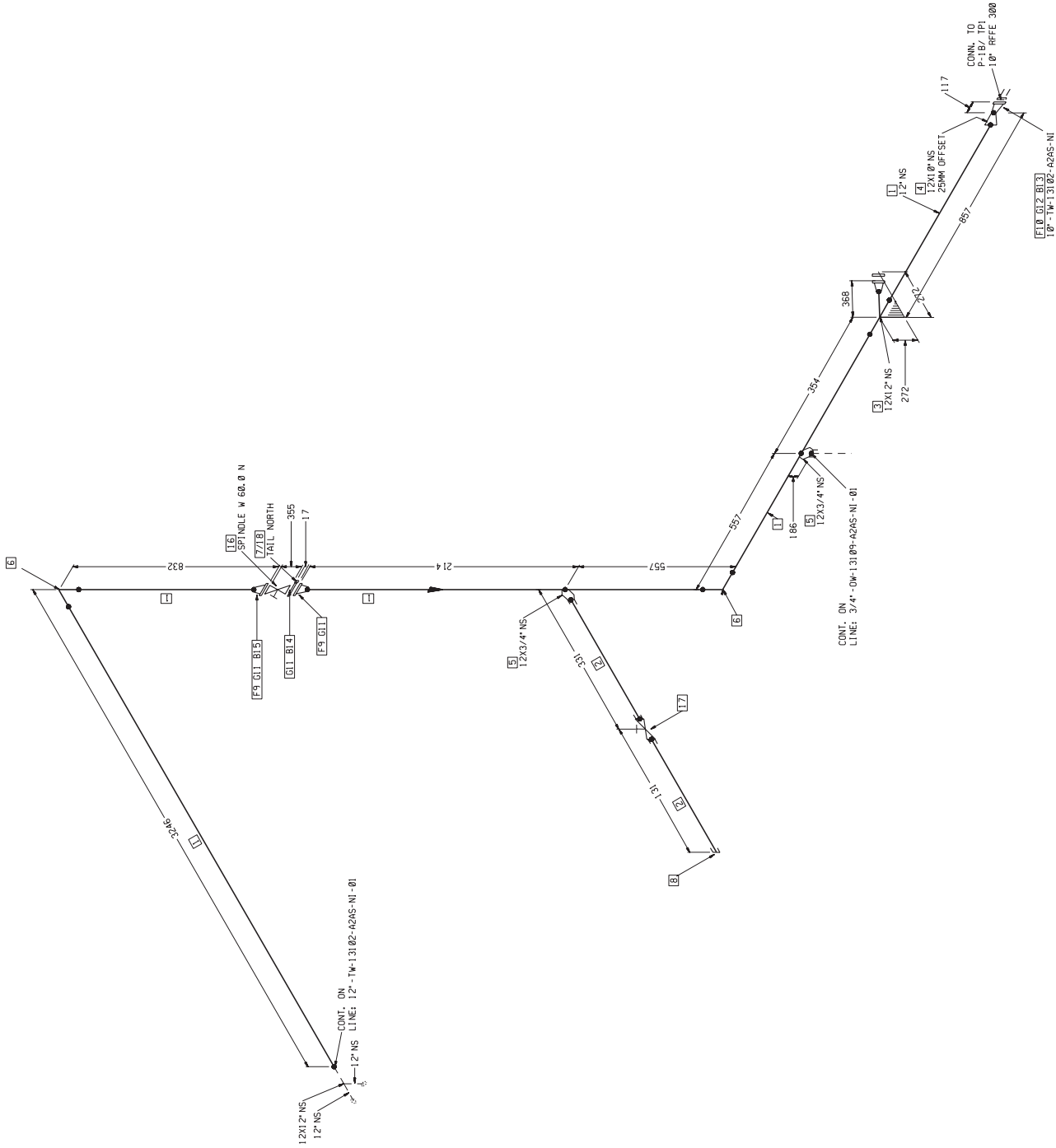
NO.	COMPONENT DESCRIPTION	N. SIZE (IN.)	QTY
PIPE			
1	PIPE A106-B - - - BE 12 IN. 5'-20	12	4828 MM
2	PIPE A106-B - - - PE .75 IN. 5'-168	3/4	175 MM
FITTINGS			
3	EQUAL TEE 90 DEG. A234-WPB - BM - 12 IN. 5'-20 12 IN. 12X12	12	12X12 1
4	SPRUE 90 DEG. A234-WPB - BM 12 IN. 5'-20	12	12X12 1
5	REDUCER A234-WPB - BM - 12 IN. 5'-20 10 IN. 12X10	10	12X10 1
6	WELDED A106-B - - - BM 12 IN. 5'-20 2 IN. 5'-80	12	12X2 1
7	SOCKET A106-B - - - 6000 SW 12 IN. .75 IN. 12X3/4	2	12X3/4 2
8	SPACER RING A015-78 - BM - 12 IN. 5'-20	12	12 2
9	90 ELBOW LR A234-WPB - BM - 12 IN. 5'-20	12	12 3
10	CAP A106-B - - - 3000 THF .75 IN. FLANGES	3/4	1
11	WELDING NECK FLANGE A106 - 150 RF 12 IN. 5'-20	12	12 3
12	WELDING NECK FLANGE A106 - 300 RF 10 IN. 5'-20	10	1
GASKETS			
13	SPIRAL WOUND GASKET 316/316-1R 150 RF IN. FLD RF	12	5
14	SPIRAL WOUND GASKET 316/316-1R 300 RF IN. FLD RF	10	1
BOLTS			
15	STD BOLT 2 1/2 IN. X 1/2 IN. A193 B7/2H D1 1 IN. L1 6.5 IN. 6.5"	1	16
16	STD BOLT 2 1/2 IN. X 1/2 IN. A193 B7/2H D1 .875 IN. L1 5 IN. 5.0"	12	12
17	STD BOLT 2 1/2 IN. X 1/2 IN. A193 B7/2H D1 .875 IN. L1 5.5 IN. 5.5"	7/8	24
VALVES / IN-LINE ITEMS			
18	GATE V. FLD. ENDS A016-WCB - - 150 RF NO. 5 12 IN.	12	1
19	GATE V. FLD. ENDS RF A106 - - 800 SW NO. 5 .75 IN.	3/4	1
MISCELLANEOUS COMPONENTS			
20	BLIND DISC A015-78 - 150 RF 12 IN.	12	2.0

STRESS CATEGORY		I
50 °C	1 KSCG	95 °C
OPER. TEMP	OPER. PRESS.	DESIGN TEMP

NOTE 1: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE

ISOMETRIC DRAWING		DOCUMENT CLASS	FORMAT
LINE No: 12"-TW-13102-A2AS-NI		Z	D
DRAWING NUMBER		TRAIN NUMBER	REV.
TW-13102-01		01	S1

NO.	DESCRIPTION	DATE	PREP.	CHKD.	APPROV.
01	ISSUED FOR CONSTRUCTION WITH HOLD	-	-	-	-



STRESS CATEGORY		I
50 °C	1 KSCG	95 °C
OPER. TEMP.	OPER. PRESS.	DESIGN TEMP
		DESIGN PRESS
		A2AS
		SPEC

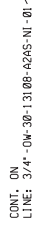
NOTE1: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE

ISOMETRIC DRAWING		DOCUMENT CLASS	FORMAT
LINE No: 12"-TW-13102-A2AS-NI		Z	D
DRAWING NUMBER		TRAIN NUMBER	REV.
TW-13102-02		02	S1

NO.	COMPONENT DESCRIPTION	N.SIZE (IN.)	QTY
PIPE			
1	PIPE A106-B - - BE 12 IN. 5-20	12	3849 MM
2	PIPE A106-B - - PE .75 IN. 5-160	3/4	175 MM
FITTINGS			
3	STRAINER T BM LIQUID A234-WB - BW 12 IN. 5-20	12x12	1
4	ECCENTRIC REDUCER A234-WB - BW 12 IN. 5-20	12x10	1
5	SOCKET A106 - - 6000 SW 12 IN. .75 IN.	12x3/4	2
6	ELBOW LRA A234-WB - BW 12 IN. 5-20	12	1
7	SPACER RING A015-70 - 150 FF 12 IN.	12	1
8	CAP A106 - - 3000 THF .75 IN.	3/4	1
FLANGES			
9	MELTING NECK FLANGE A106 - 150 RF 12 IN. 5-20	12	2
10	MELTING NECK FLANGE A106 - 300 RF 10 IN. 5-20	10	1
GASKETS			
11	SPIRAL WOUND GASKET 316/GRAPH. CS-CV216-1R 150 BETA.FLG RF	12	3
12	SPIRAL WOUND GASKET 316/GRAPH. CS-CV216-1R 300 BETA.FLG RF	10	1
BOLTS			
13	STD BOLT 2H4 HK NUT A193 B7/2H D6 1 IN. L6.5 IN. 6.5"	1	16
14	STD BOLT 1H4 HK NUT A193 B7/2H D6 .875 IN. L6.5 IN. 7/8	7/8	12
15	STD BOLT 1H4 HK NUT A193 B7/2H D6 .875 IN. L6.5 IN. 7/8	7/8	12
VALVES / IN-LINE LITONS			
16	GATE V. FLG. ENDS A215-WB - 150 RF MD.5 12 IN.	12	1
17	GATE V. FLG. ENDS RF A106 - 1800 SW MD.5 .75 IN.	3/4	1
MISCELLANEOUS COMPONENTS			
18	BLIND DISC A015-70 - 150 RF 12 IN.	12	1.0

NO.	COMPONENT DESCRIPTION	N.SIZE (IN.)	QTY
MISCELLANEOUS COMPONENTS			
18	BLIND DISC A015-70 - 150 RF 12 IN.	12	1.0

NO.	COMPONENT DESCRIPTION	N.SIZE (IN.)	QTY
MISCELLANEOUS COMPONENTS			
18	BLIND DISC A015-70 - 150 RF 12 IN.	12	1.0



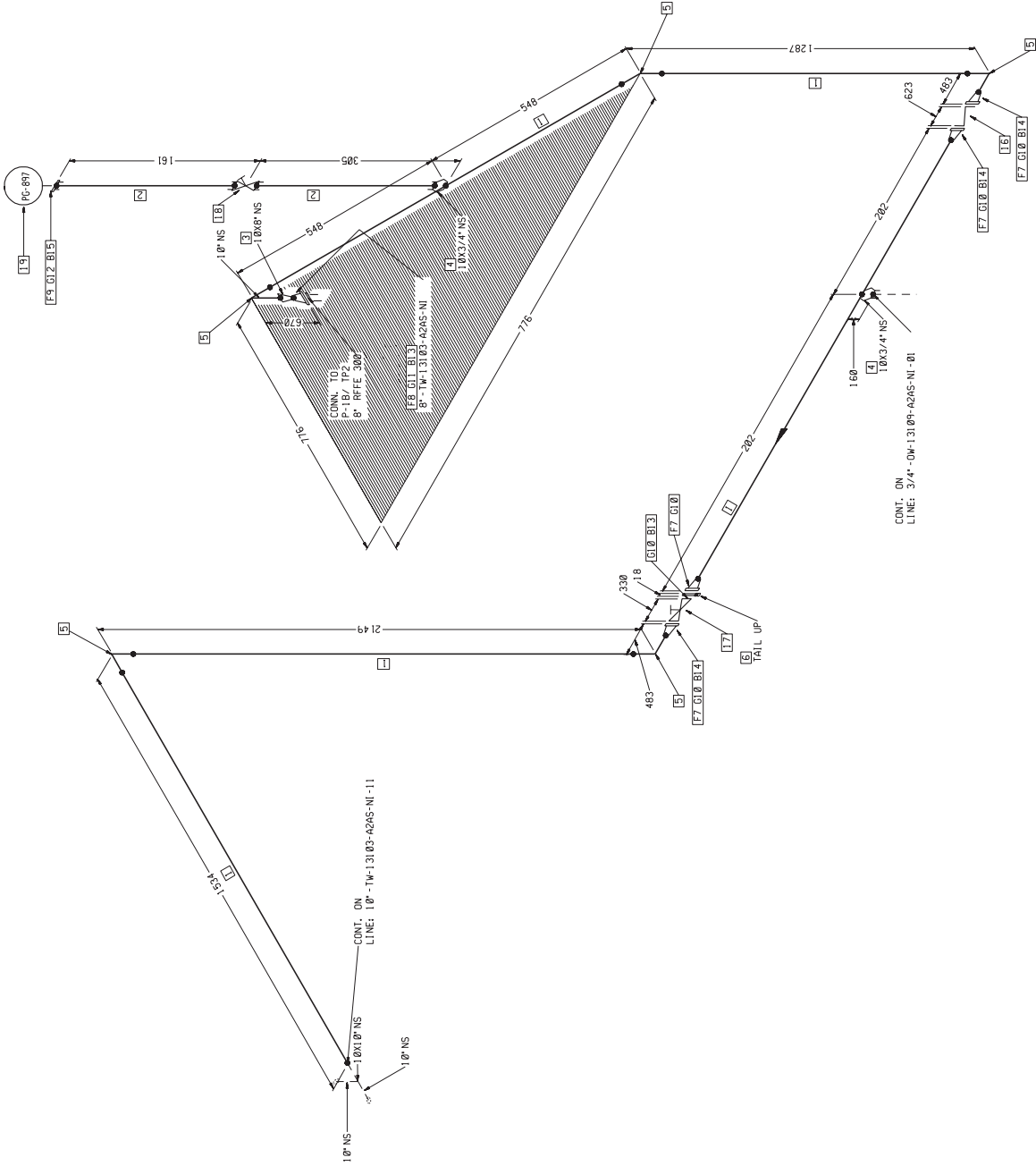
50 °C	6.4 KSCG	80 °C	11.83 KSCG	A2AS
OPER. TEMP	OPER. PRESS.	DESIGN TEMP	DESIGN PRESS	SPEC

STRESS CATEGORY		I	
50 °C	6.4 KSCG	80 °C	11.83 KSCG
OPER. TEMP	OPER. PRESS.	DESIGN TEMP	DESIGN PRESS
			SPEC

NOTE1: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE

ISOMETRIC DRAWING		DOCUMENT CLASS	FORMAT
LINE No: 10*-TW-13103-A2AS-NI		Z	D
DRAWING NUMBER		THIN NUMBER	REV.
TW-13103-11		11	S1

[illegible]



STRESS CATEGORY		I	
50 °C	6.4 KSCG	80 °C	11.83 KSCG
OPER. TEMP	OPER. PRESS.	DESIGN TEMP	DESIGN PRESS

NOTE1: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE

ISOMETRIC DRAWING		DOCUMENT CLASS		FORMAT	
LINE No: 10"-TW-13103-A2AS-NI		Z		D	
DRAWING NUMBER		12		REV.	
TW-13103-12				S1	

ISSUED FOR CONSTRUCTION		DATE		PREP.		STRESS SUPPORT		CHECK		APPROVAL	
S1											

NO.	COMPONENT DESCRIPTION	NOMINAL SIZE	QTY
PIPE			
1	PIPE A180-B - - - BE 10 IN. S-20	10	3599 MM
2	PIPE A180-B - - - PE .75 IN. S-160	3/4	200 MM
FITTINGS			
3	CONCENTRIC REDUCER A234-WPB - - BW - 10 IN. S-20 8 IN. 1008	1	
4	SOCKETED A180 - - - 60000 SW 10 IN. .75 IN. 1003/4	2	
5	90° ELBOW LRA A234-WPB - - BW - 10 IN. S-20	10	5
6	SPECTACLE BLIND A415-70 - - 1500 PF 10 IN.	10	1
FLANGES			
7	MELDING WELD FLANGE A180 - - 1500 RF 10 IN. S-20	10	4
8	MELDING WELD FLANGE A180 - - 3000 RF 8 IN. S-20	8	1
9	SOCKETWELD FLANGE A180 - - 3000 RF .75 IN. S-160	3/4	1
GASKETS			
10	SPIRAL WOUND GASKET 316/GRAPH. CS-CP/316-TR 1500 BETA FLG RF 10	5	
11	SPIRAL WOUND GASKET 316/GRAPH. CS-CP/316-TR 3000 BETA FLG RF 8	1	
12	SPIRAL WOUND GASKET 316/GRAPH. CS-CP/316-TR 3000 BETA FLG RF 3/4	1	
BOLTS			
13	STD BOLT 2H4 HK NUT A193 B7/2H D5 .875 IN. L1 5.5 IN.	7/8	24
14	STD BOLT 2H4 HK NUT A193 B7/2H D5 .875 IN. L1 5 IN.	7/8	36
15	STD BOLT 2H4 HK NUT A193 B7/2H D5 .875 IN. L1 3 IN.	3/4	4
VALVES / IN-LINE ITEMS			
16	SWING CHECK FLG A216-WCB - - 1500 RF NDS 10 IN.	10	1
17	GATE V. FLG ENDS A216-WCB - - 1500 RF NDS 10 IN.	10	1
18	GATE V. FEM. ENDS RP A180 - - 800 SW NDS .75 IN.	3/4	1

INSTRUMENTS

19 INSTRUMENT

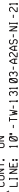
QTY

3/4

1

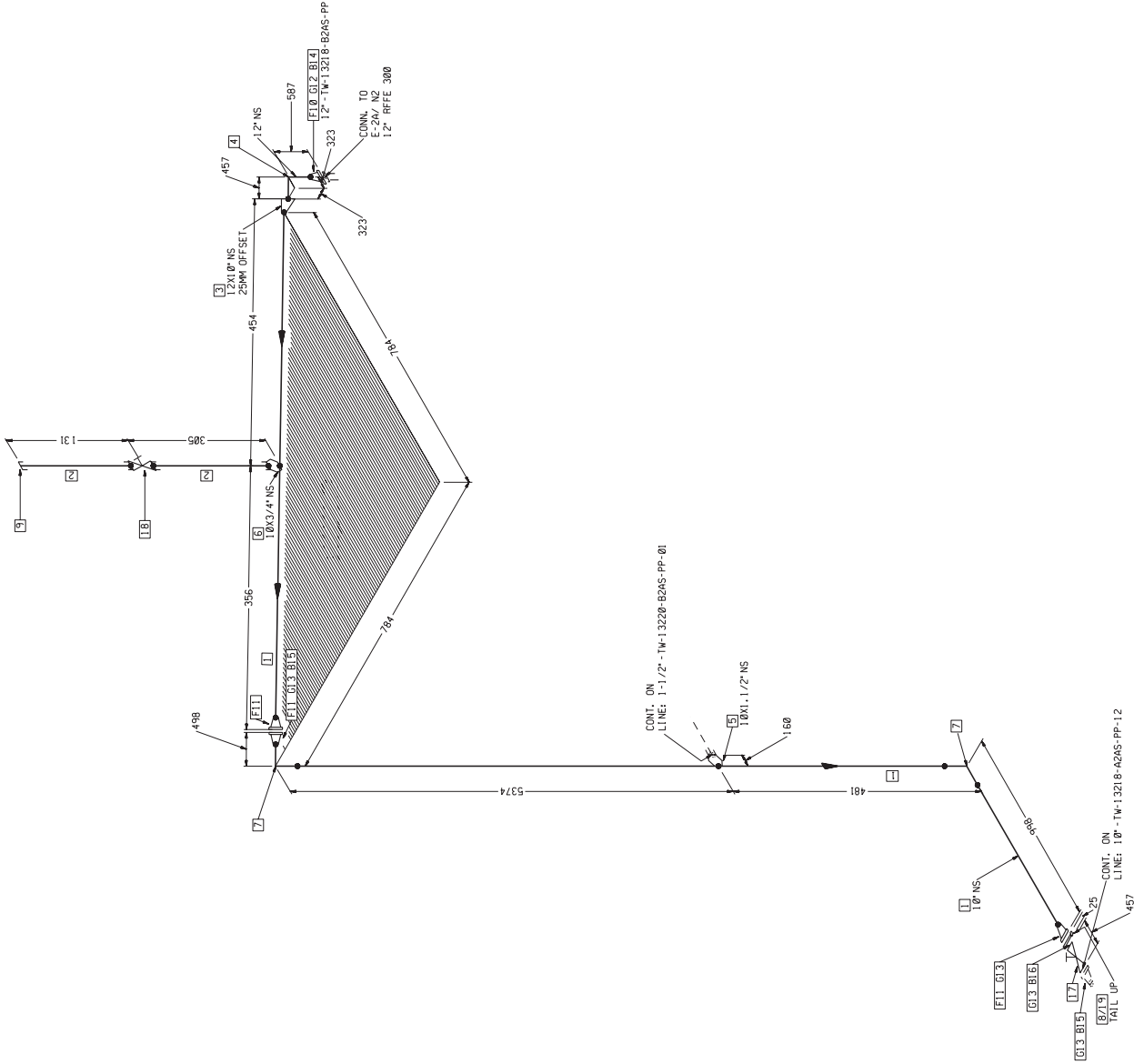
[illegible]

NOTE1: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE



NOTE1: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE

ISOMETRIC DRAWING		DOCUMENT CLASS	FORMAT
LINE No:	12"-TW-13103-B2AS-NI	DRAWING NUMBER TW-13103-22	REV. S1



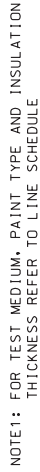
STRESS CATEGORY		I			
70 °C	4-2 KSCG	100 °C	11-83 KSCG	B2AS	
OPER. TEMP	OPER. PRESS.	DESIGN TEMP	DESIGN PRESS	SPEC	

NOTE1: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE

ISOMETRIC DRAWING			DOCUMENT CLASS	FORMAT
LINE No: 12"-TW-13218-B2AS-PP			Z	D
DRAWING NUMBER			TRAIN NUMBER	REV.
TW-13218-11			11	S1

REV.	DESCRIPTION	DATE	PREP.	STRESS SUPPORT	MFG	CATCH	APPROV.
S1	ISSUED FOR CONSTRUCTION						

NO.	COMPONENT DESCRIPTION	N. G/FE LINES	QTY
PIPE			
1	PIPE A106-B - - - BE 10 IN. S-40	10	6802 MM
2	PIPE A106-B - - - PE .75 IN. S-160	3/4	175 MM
FITTINGS			
3	ECCENTRIC REDUCER A234-WB - - BW - 12 IN. S-40 10 IN. 12X10	1	
4	90° ELBOW LR A234-WB - - BW - 12 IN. S-40	12	
5	SOCKET A106 - - - 8000 SW 10 IN. 1-5 IN.	100X1.5	
6	SOCKET A106 - - - 8000 SW 10 IN. .75 IN.	100X3/4	
7	90° ELBOW LR A234-WB - - BW - 10 IN. S-40	10	
8	SPACER RING A415-70 - - 300 FF 10 IN.	10	
9	CAP A106 - - - 3000 THF .75 IN.	3/4	
FLANGES			
10	WELDING NECK FLANGE A106 - - 300 RF 12 IN. S-40	12	
11	WELDING NECK FLANGE A106 - - 300 RF 10 IN. S-40	10	
GASKETS			
12	SPRING WOUND GASKET 316/GRAPH. C5-CR/216-1R 300 BETA.FLG RF	12	
13	SPRING WOUND GASKET 316/GRAPH. C5-CR/216-1R 300 BETA.FLG RF 4.5 MM 10 IN.	4	
BOLTS			
14	STD BOLT 2H1 HX NUT A193 B7/2H D6 1-1/2 IN. Lx 7 IN. 7-8"	1-1/8	
15	STD BOLT LENGTH 1/2" HX NUT A193 B7/2H D6 1 IN. Lx 6.5 IN. 6-5"	1	
16	STD BOLT LENGTH 1/2" HX NUT A193 B7/2H D6 1 IN. Lx 7.5 IN. 7-5"	1	
VALVES / IN-LINE ITEMS			
17	GATE V. FLG. ENDS A216-WB - - 300 RF MD.5 10 IN.	10	
18	GATE V. FLG. ENDS RP A106 - - 800 SW MD.5 .75 IN.	3/4	
MISCELLANEOUS COMPONENTS			
19	BLIND DI SC A415-70 - - 300 FF 10 IN.	10	1.0



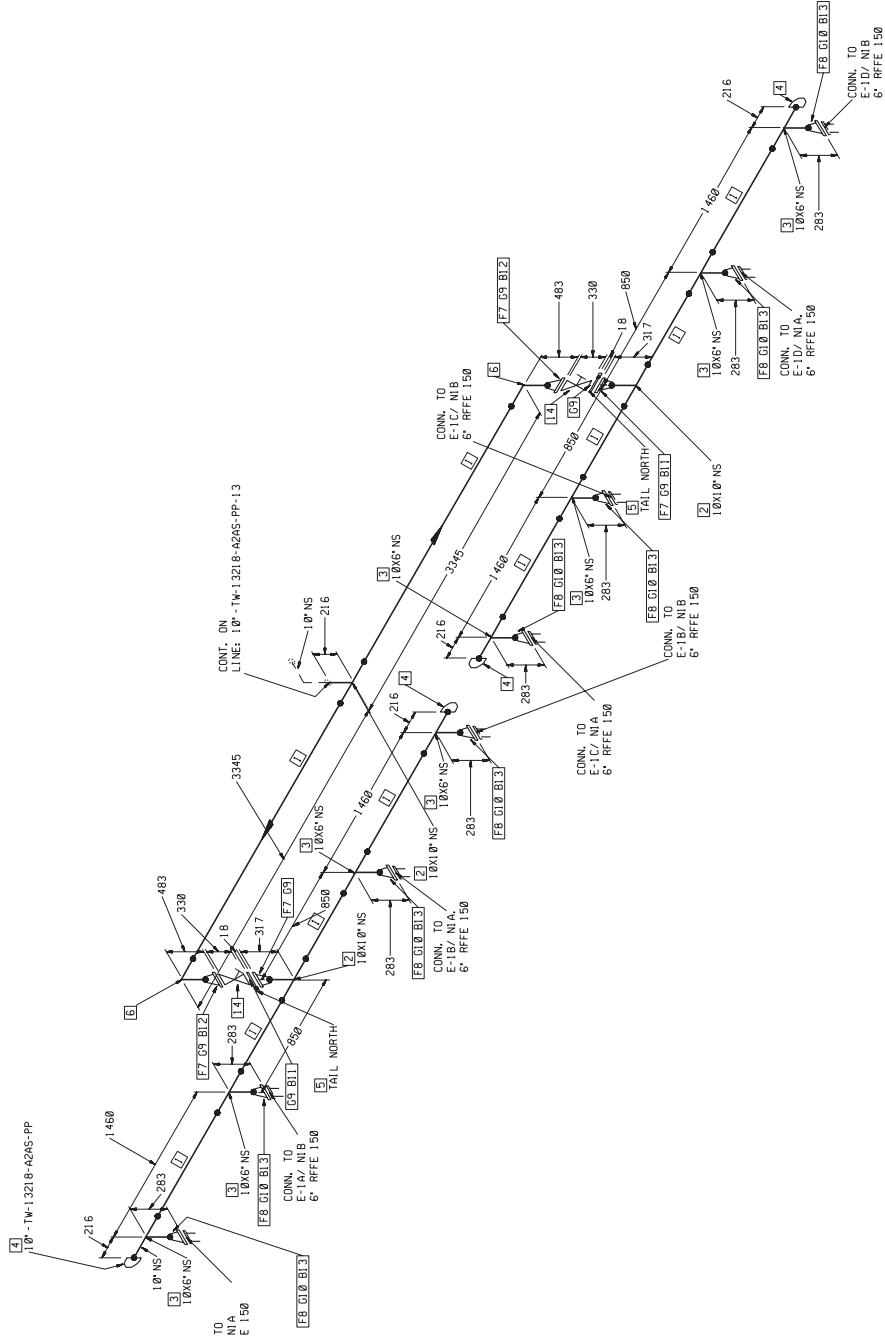
STRESS CATEGORY		I	
70 °C	4.2 KSCG	100 °C	11.83 KSCG
OPER. TEMP	OPER. PRESS.	DESIGN TEMP	DESIGN PRESS
			SPEC

ISOMETRIC DRAWING		DOCUMENT CLASS	FORMAT
LINE No:	101-TW-13218-A2AS-PP	Z	D
DRAWING NUMBER TW-13218-31		TRAIN NUMBER 31	REV S1

NO.	COMPONENT DESCRIPTION	QTY	N. SIZE (IN.)
PIPE			
1	P.I.P.E. A06-8 - - - BE 10 IN. 5/20	10	13/8" MM
2	P.I.P.E. A06-8 - - - BE 8 IN. 5/20	8	1 1/8" MM
3	P.I.P.E. A06-8 - - PE .75 IN. 5/160	3/4	175 MM
FITTINGS			
4	EQUAL TEE REG. A234-WB - - BW - 10 IN. 5/20	10	1 IN. 18010 1
5	REDUCING TEE A234-WB - - BW - 10 IN. 5/20	8	1 IN. 5/20 1806 2
6	SEAMLESS REDUCER A234-WB - - BW - 10 IN. 5/20	8	1 IN. 1803 2
7	SEAMLESS ELBOW A234-WB - - BW - 10 IN. 5/20	10	1 IN. 1803/4 1
8	90 ELBOW IR A234-WB - - BW - 10 IN. 5/20	10	3
9	45 ELBOW IR A234-WB - - BW - 10 IN. 5/20	10	2
10	90 ELBOW IR A234-WB - - BW - 10 IN. 5/40	10	2
11	CAP A06 - - - 3000 TPI .75 IN.	3/4	1
FLANGES			
12	MELTING NECK FLANGE A06 - - 1500 RF - 10 IN. 5/20	10	4
13	MELTING NECK FLANGE A06 - - 1500 RF - 8 IN. 5/20	8	2
14	MELTING NECK FLANGE A06 - - 1500 RF - 8 IN. 5/20	8	2
GASKETS			
15	SPRING WOUND GASKET 316GRNPL. CS-CV3/6-16 IN. 500 BEFL. RF	10	4
16	SPRING WOUND GASKET 316GRNPL. CS-CV3/6-16 IN. 500 BEFL. RF	8	2
17	SPRING WOUND GASKET 316GRNPL. CS-CV3/6-16 IN. 3000 BEFL. RF	8	2
18	SPRING WOUND GASKET 316GRNPL. CS-CV3/6-16 IN. 3000 BEFL. RF	8	2
BOLTS			
18	STD BOLT 2H7 HK A193 B7/2H - .875 IN. L 5 IN. 5/8	7/8	48
19	STD BOLT 2H7 HK A193 B7/2H - .875 IN. L 5 IN. 5/8	7/8	24
20	STD BOLT 2H7 HK A193 B7/2H - .875 IN. L 5 IN. 5/8	3/4	16
NUTS & WASHERS			
21	GATE W. FLD. ENDS A216-WB - - 1500 RF NO.5 10 IN.	10	2
22	GLOBE W. FLD. LP A216-WB - - 1500 RF NO.5 8 IN.	8	1
23	GLOBE W. FPM. ENDS A06 - - 8000 SD NO.5 .75 IN.	3/4	1
NO.	COMPONENT DESCRIPTION	QTY	N. SIZE (IN.)

INSTRUMENTS	
24	INSTRUMENT

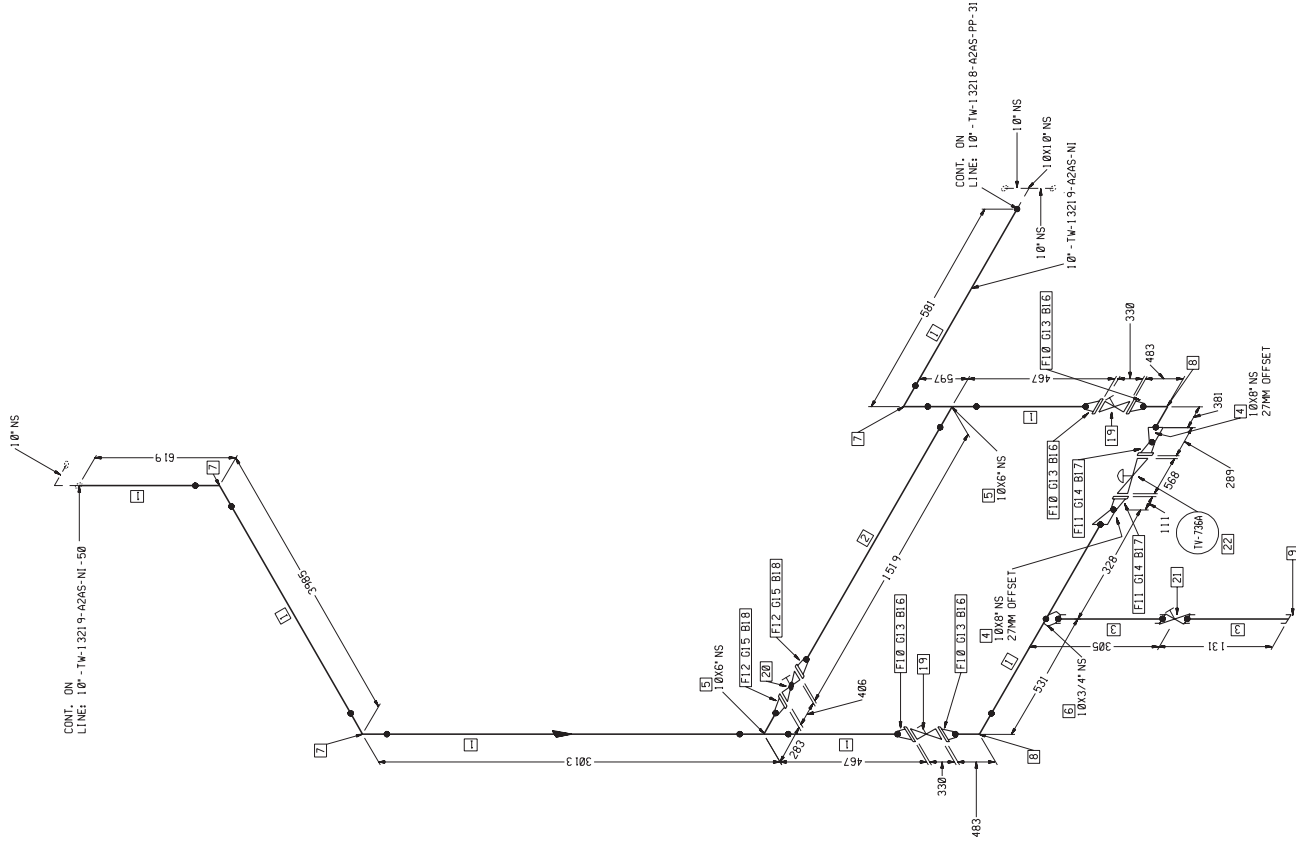
[illegible]

[illegible]

STRESS CATEGORY		I	
70 °C	4.2 KSCG	100 °C	11.8 KSCG
OPER. TEMP	OPER. PRESS.	DESIGN TEMP	DESIGN PRESS
			A2AS SPEC

NOTE1: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE

ISOMETRIC DRAWING		DOCUMENT CLASS	FORMAT
LINE No:	10-TW-13218-A2AS-PP	Z	D
DRAWING NUMBER TW-13218-60		TRAIN NUMBER 60	REV. S1



ISOMETRIC DRAWING		DOCUMENT CLASS	FORMAT
LINE No: 10"-TW-13219-A2AS-NI		Z	D
DRAWING NUMBER TW-13219-31		TRAIN NUMBER 31	REV. S1

NOTE1: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE

STRESS CATEGORY		II	
OPER. TEMP	50 °C	6.4 KSCG	80 °C
		OPER. PRESS.	11.8 KSCG
		DESIGN TEMP	DESIGN PRESS
			SPEC



8.3. Lista de líneas

PIPING LINE LIST

PRODUCT DESIGNATIONS

FLUID CODE	FLUID NAME	FLUID CODE	FLUID NAME	FLUID CODE	FLUID NAME	FLUID CODE	FLUID NAME	FLUID CODE	FLUID NAME	FLUID CODE	FLUID NAME
PL	PROCESS FLUID (LIQUID)	FF	FIRE FIGHTING FOAM SOLUTION	HC	HIGH PRESSURE CONDENSATE	TW	TEMPERED WATER				
PG	PROCESS FLUID (GAS)	DM	DEMINERALISED / TREATED WATER	MC	MEDIUM PRESSURE CONDENSATE	RW	RAIN WATER				
PZ	PROCESS FLUID (TWO PHASE)			LC	LOW PRESSURE CONDENSATE	SW	STORM WATER DRAIN				
PS	PROCESS FLUID (SOUR GAS)	UW	UTILITY WATER	VC	VACUUM CONDENSATE	AD	AMINE CLOSED DRAIN				
FG	FUEL GAS	CS	COOLING WATER SUPPLY (FRESH WATER)	CC	COLD CONDENSATE	BA	ACID BLOWDOWN				
FO	FUEL OIL			CH	CHEMICAL	BE	BE				
NG	NATURAL GAS	CR	COOLING WATER RETURN (FRESH WATER)	CM	AMINE	BH	DEPRESSURIZING BLOWDOWN				
FS	FLUSHING OIL SUPPLY			VW	WASTE WATER	BL	LIQUID BLOWDOWN				
LO	LUBE OIL	SS	COOLING WATER SUPPLY (SEA WATER)	OW	OILY WATER	FH	FEED + HYDROGEN				
SO	SEAL OIL			OP	POTENTIALLY OIL CONTAMINATED WATER	FR	FLUSHING OIL RETURN				
HG	HYDROGEN	SR	COOLING WATER RETURN (SEA WATER)			PC	PROCESS CONDENSATE				
SL	LIQUID SULPHUR			OS	SLOP OIL	PW	PROCESS WATER				
WS	SOUR WATER	DW	DRINKING WATER (POTABLE WATER)	BD	BLOWDOWN LOW PRESSURE DRAIN	RL	THERMAL RELIEF HEADER				
CA	CAUSTIC			DR		TL	TRIM LINE				
SU	SULPHURIC	BW	BOILER FEED WATER	CD	CLOSED DRAIN						
IA	INSTRUMENT AIR	HS	HIGH PRESSURE STEAM	FD	FOUL DRAIN (SANITARY WASTE)						
PA	PLANT AIR (UTILITY AIR)	MS	MEDIUM PRESSURE STEAM	PV	PROCESS VENT (TO ATMOSPHERE)						
NI	INERT GAS (NITROGEN)	LS	LOW PRESSURE STEAM								
FW	FIRE FIGHTING WATER	BB	BOILER BLOWDOWN	FL	FLARE LINE						

GENERAL NOTES:

- 1.- INSULATION TYPE IDENTIFICATION:

 HC = ENERGY CONSERVATION
 PP = PERSONNEL PROTECTION
 HS = ENERGY CONSERVATION FOR STEAM AND CONDENSATE LINES
 ST = STEAM TRACING
 NI = NOT INSULATED
 NP = NOT PERMITTED
 - 2.- PROTECTIVE EXTERNAL COATING AND PAINTING SYSTEM ACCORDING TO SPECIFICATION 8762-00-SP-837 R2 "PROTECTIVE PAINT AND COATING"
 - 3.- FOR LIQUID STATE FILL-UP THE COLUMN WITH "L"
 FOR GAS/VAPOR STATE FILL-UP THE COLUMN WITH "G"
 FOR DOUBLE PHASE FLUIDS FILL-UP THE COLUMN WITH "L+V"
 - 4.- DENSITY AT NORMAL OPERATING CONDITIONS
 - 5.- TESTING IDENTIFICATION:

 HT = HYDROSTATIC TEST
 PT = PNEUMATIC TEST
 NR = NOT REQUIRED
 - 6.- TWO PHASE FLOW: POSSIBLE UNSTABLE FLOW. ANCHOR SECURELY
 - 7.- STEAM OUT WILL BE CONSIDERED IN ALL PROCESS LINES AND ALSO IN UTILITY LINES THAT HANDLE HYDROCARBONS: CD, FG, FO, FS, FR, OS, PG, PS, PL, PZ, RL, WS, BB.
 STEAM/OUT DESIGN CONDITIONS: 166°C AT 1,5 KG/CM2 G + FV
 - 8.- PSV's INLET AND DISCHARGE LINE SIZES STILL IN HOLD. PRELIMINARY SIZE HAS BEEN INCLUDED.
 - 9.- TEST CONDITIONS IN HOLD
 - 10.- VENTS AND DRAINS OPEN TO ATMOSPHERE WILL HAVE HYDRAULIC TEST JUST UNTIL LAST BLOCK VALVE.

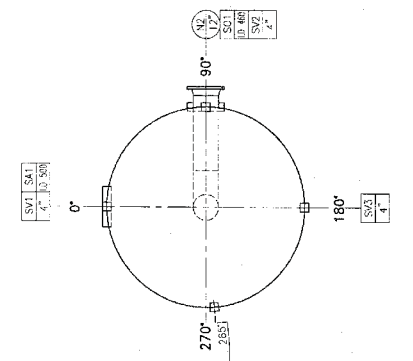
[illegible]

PIPING LINE LIST

REV	LINE IDENTIFICATION			LINE ROUTING		EFD REV. Number	INSULATION / TRACING (NOTE 1)		PAINT (NOTE 2)	FLUID (NOTES 3,4)		OPERATING CONDITIONS		DESIGN CONDITIONS		TEST CONDITIONS (NOTE 5)		COMMISS. SYSTEM	CRITICALITY CODE	REMARKS
	DIAM. IN	SERVICE	PIPE CLASS	FROM	TO		TYPE	THICKNESS		STATE	DEN. (kg/m ³)	PRES (kg/cm ² g)	TEMP °C	PRES (kg/cm ² g)	TEMP °C	MEDIUM	PRES (kg/cm ² g)			
R1	12	TW	A2AS	V-1	LAST GATE VALVE	S1	NI		6A	L	988.0	1.0	50	4.5	95	HT	6.8		C6	
R1	12	TW	A2AS	LAST GATE VALVE	P-1A/B	S1	NI		6A	L	988.0	1.0	50	11.8	95	HT	17.7		C6	
R1	10	TW	A2AS	P-1A/B	E-2C	S1	NI		6A	L	988.0	6.4	50	11.8	80	HT	17.7			
R1	10	TW	A2AS	E-2A/B	E-1A/D	S1	PP	25	6A	L	978.0	4.2	70	11.8	100	HT	17.7			
R1	10	TW	A2AS	TW-13103	TW-13218	S1	NI		6A	L	988.4	4.0	50	11.8	80	HT	17.7			



8.4. Planos de equipos



VIEW "A" - "A"

NOZZLE ORIENTATION

PAVE PARTS :		2-YEARS OPERATION	
GASKET'S	200 %	200 %	
EXT. SOILS & NUTS	10% (MIN. 2 SETS)	10% (MIN. 2 SETS)	

PAVING & SURFACE PREPARATION
 VESSEL : SYSTEM COF. 2A
 PART : SYSTEM COF. 2A

APPROVED FOR CONSTRUCTION

FOUNDATION LOADING DATA	
SEISMIC	SHEAR (kgf)
	MOMENT (kgf-m)
WIND	SHEAR (kgf)
	MOMENT (kgf-m)

[illegible]

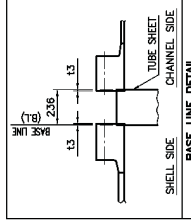
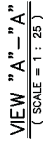
DATE	DESCRIPTION	DEBIT	CREDIT	BALANCE
1999-01-01	OPENING BALANCE			100.00
1999-01-15	PAYROLL	50.00		50.00
1999-01-31	CLOSING BALANCE			50.00

		FOR CONTRACTOR USE	
		Contractor review status	Signature / date
		A - Reviewed with no comment	
		B - Reviewed with comment	
		C - Do not proceed with fabrication	
		D - Rejected as per drawing	
REV. of			
Change : Sh.			
<p>FOR PURCHASER'S USE: TO PREVENT ANY FURTHER DELAYS, THE PURCHASER SHALL SIGN AND RETURN THIS DOCUMENT TO THE CONTRACTOR WITHIN 10 DAYS OF RECEIVING THE SAME. PURCHASER'S SIGNATURE AND RETURN OF THIS DOCUMENT SHALL RELEASE THE CONTRACTOR FROM ITS RESPONSIBILITY FOR THE FABRICATED PARTS.</p>			

PURCHASER'S PERMISSION TO PROCEED OR REMEDIED TAKEN ON VENDOR PRINTS SHALL
LEAVE VENDOR FROM ITS RESPONSIBILITIES OR LIABILITIES UNDER PURCHASE ORDER

DOCUMENT TITLE :	GENERAL ASSEMBLY	SCALE :	1/30
COMPONENTS/DRAW No :	TEMPERED WATER DRUM / V-1	REV.	A

[illegible][illegible]



MOMENT AND SHEAR FORCE AT BASE (OPERATING CONDITION)		
	SHEAR (kg)	MOMENT (kg-m)
WIND	822.6	773.2
SEISMIC	6956.5	6539.1

NOZZLE NO.	MAXIMUM ALLOWABLE NOZZLE LOADS							
	DIRECT LOADS (kg)				MOMENT LOADS (kg-m)			
	Fx	Fy	Fz		Mx	My	Mz	
N1,2(12")	917.7	917.7	917.7		688.3	688.3	688.3	
N9,10(10")	754.8	754.8	754.8		611.8	611.8	611.8	

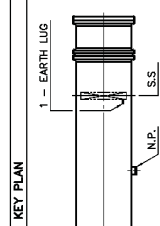
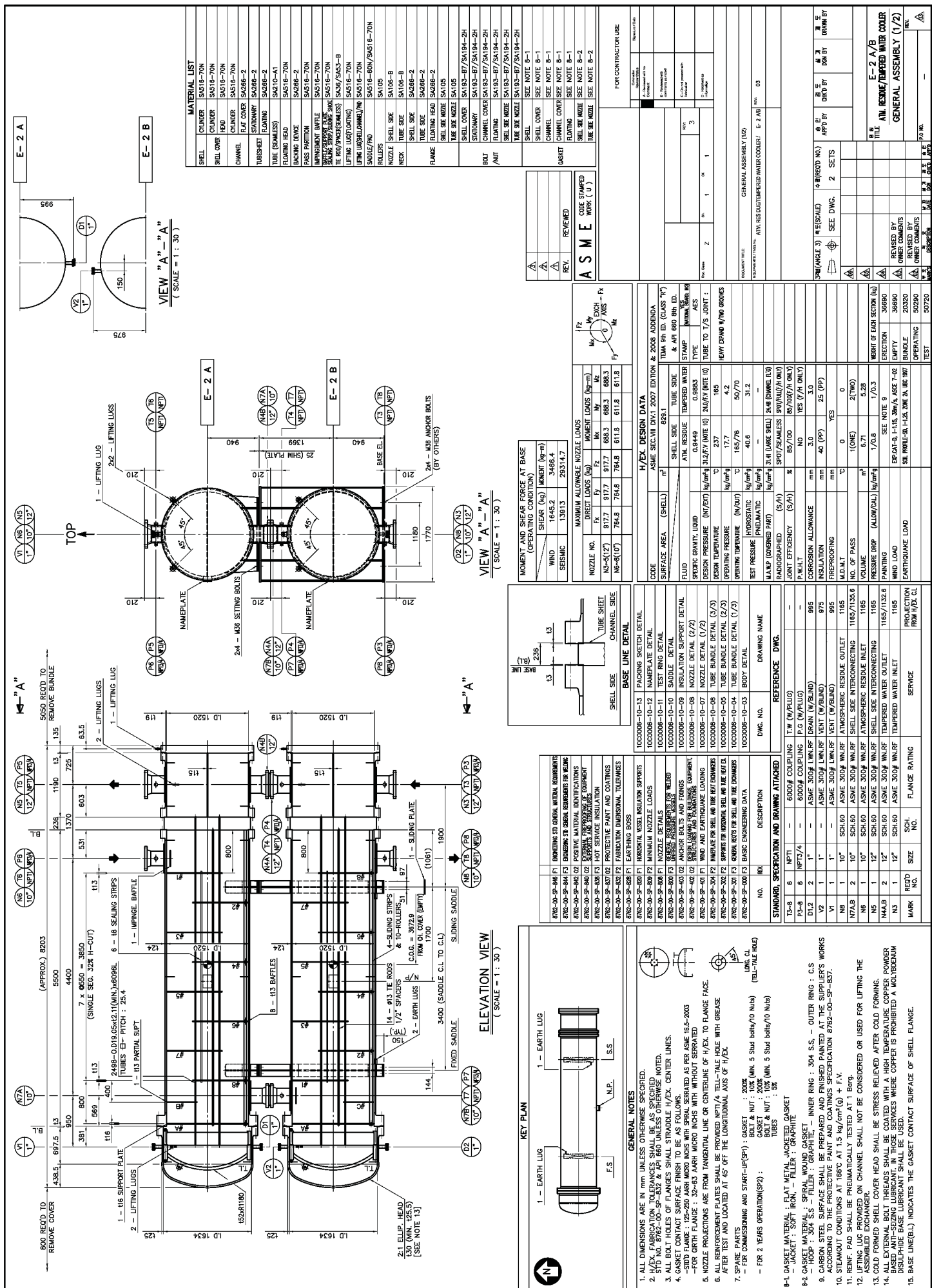
[illegible][illegible]

TI-2310	4	NPT	—	6000# COUPLING	T.W. (W/PLUG)	—
PI-2310	4	NPT3/4	—	6000# COUPLING	F.G. (W/PLUG)	—
D3	1	1"	ASME	300# W.M.R.F	DRAIN (W/BLIND)	995
V3	1	1"	—	ASME 300# W.M.R.F	VENT (W/BLIND)	995
N10	1	10"	SCH-60	ASME 300# W.M.R.F	ATMOSPHERIC RESIDUE OUTLET	1165
N9	1	10"	SCH-60	ASME 300# W.M.R.F	ATMOSPHERIC RESIDUE INLET	1165
N2	1	12"	SCH-60	ASME 300# W.M.R.F	TEMPERED WATER OUTLET	1165
N1	1	12"	SCH-60	ASME 300# W.M.R.F	TEMPERED WATER INLET	1165
MARK	REQ'D NO.	SIZE	SCH. NO.	FLANGE RATING	SERVICE	PROJECTION FROM H/EX. CL.

[illegible][illegible][illegible]

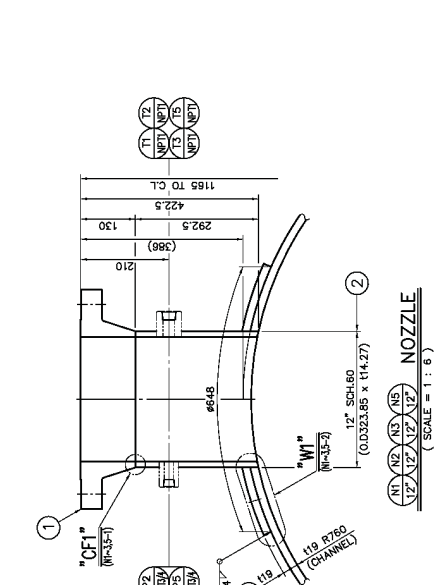
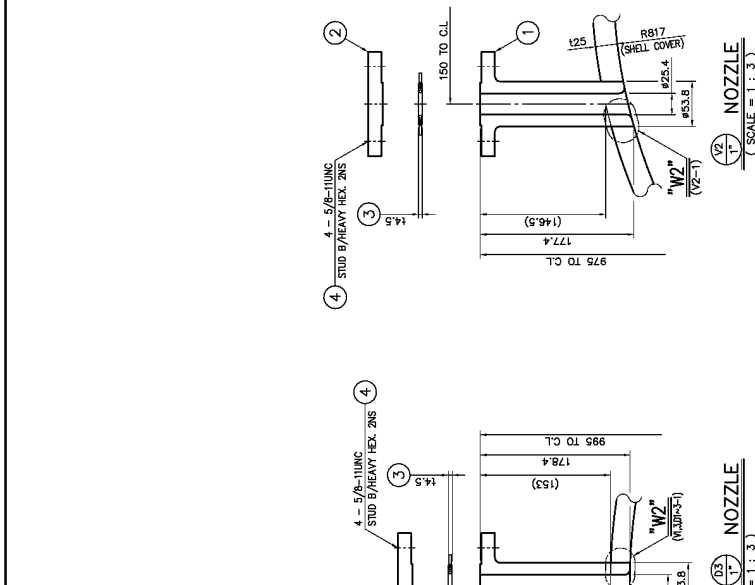
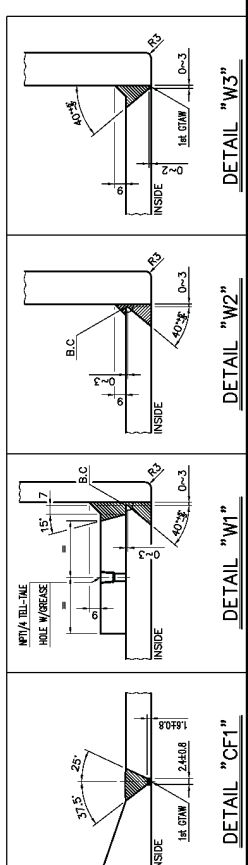
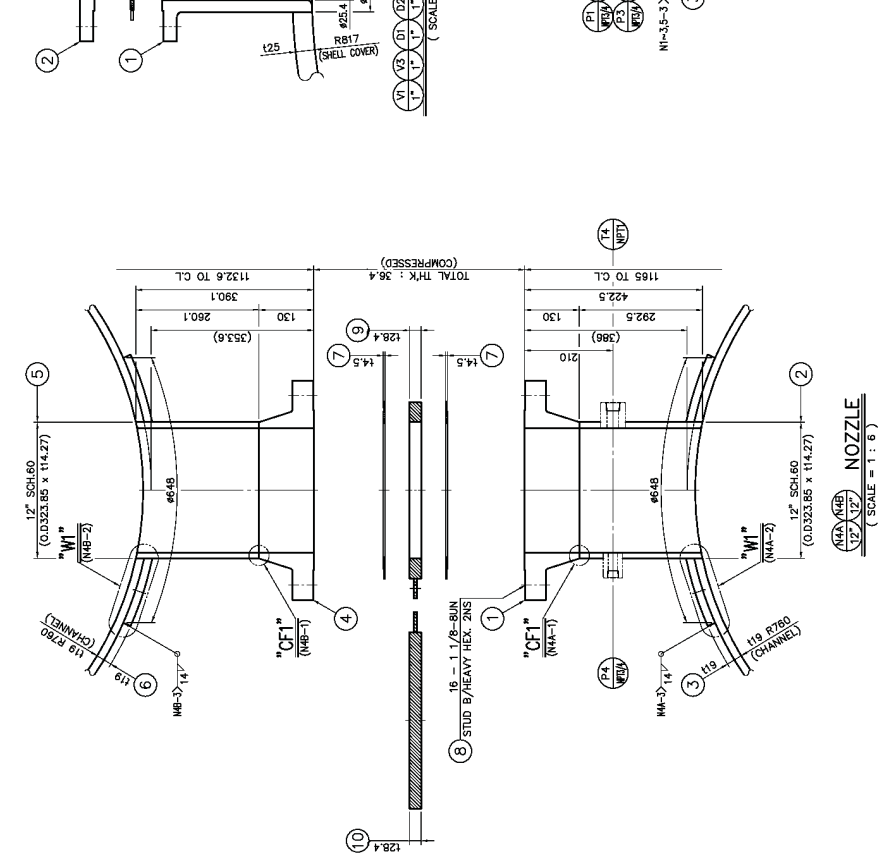
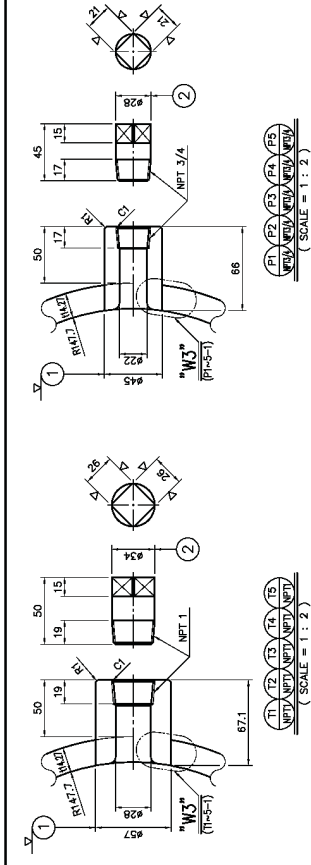
GENERAL NOTES

1. ALL DIMENSIONS ARE IN mm UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
2. H/EV: FABRICATION TOLERANCES SHALL AS BE SPECIFIED
STD NO. 8762-00-SP-832 & API 860 UNLESS OTHERWISE NOTED.
3. ALL BOLT HOLES OF FLANGES SHALL STRADDLE H/EV CENTER LINES.
4. GASKET CONTACT FINISH TO BE AS FOLLOWS:
— FOR CROTH FLANGE 30-43 AND MICRO NODS WITH WITHOUT SERRATED
— FOR CROTH FLANGE 30-43 AND MICRO NODS WITH WITHOUT SERRATED
5. NOZZLE PROJECTIONS ARE FROM TANGENTIAL LINE OR CENTERLINE OF H/EV TO FLANGE FACE.
6. ALL REINFORCEMENT PLATES SHALL BE PROVIDED 100% H/T TELL-TALE HOLE WITH GREASE
AFTER TEST AND LOCATED AT 45 DEG TO THE LONGITUDINAL AXIS OF H/EV.
7. SPARE PARTS
— FOR COMMISSIONING AND START-UP(SP1) : GASKET : 200%
GASKET & NUT : 100% (MIN. 5 Stud bolts/10 Nuts)
— FOR 2 YEARS OPERATION(SP2) : GASKET : 200%
GASKET & NUT : 100% (MIN. 5 Stud bolts/10 Nuts)
TUBES : 5%
TUBES : 5%
- 8-1. GASKET MATERIAL : FLAT MILLER JACKETED GASKET
JACKET, SOFT IRON, FILLER : GRAPHITE
- 8-2. GASKET MATERIAL : SPIRAL WOUND GASKET
HOOP : 304 S.S. – FILLER : GRAPHITE.
9. CARBON STEEL SURFACE SHALL BE PREPARED AND FINISHED PAINTED AT THE SUPPLIER'S WORKS
ACCORDING TO THE PROTECTIVE PAINT AND COATINGS SPECIFICATION 8762-00-SP-837.
10. STEAM OIL CONDITIONS AT 180°C AT 1.5 kg/cm²(g) + F.V.
11. RENIN: PAD SHALL BE PNEUMATICALLY TESTED AT 1 Barg.
12. LIFTING LUG PROVIDED ON CHANNEL SHALL NOT BE CONSIDERED AFTER FOR LIFTING THE
ASSEMBLED EXCHANGER.
13. COLD FORMED SHEET HEAD SHALL BE STRESS RELIEVED AFTER COLD FORMING.
14. ALL WELDS SHALL BE FULL PENETRATION WELDS WITH A 30° CHAMFERED
BASED WITH SEALING LUBRICANT. IN THOSE SERVICES WHERE COFFER IS PROVIDED A MOLYBDENUM
DISULPHIDE BASE LUBRICANT SHALL BE USED.
15. BASE LINE(LEB) INDICATES THE GASKET CONTACT SURFACE OF SHELL FLANGE.



GENERAL NOTES

1. ALL DIMENSIONS ARE IN mm UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
2. H/EX FABRICATION TOLERANCES SHALL BE AS SPECIFIED
STD NO. 8792-00-59-432 & API 660 UNLESS OTHERWISE NOTED.
3. ALL BOLT HOLES OF FLANGES SHALL STRADDLE 1/2 EX. CENTER LINES.
4. GASKET CONTACT SURFACE FINISH TO BE AS FOLLOWS:
—STUD FLANGE: 125-200 AARU MICRO INCH WITH SPIRAL SERATED AS PER ASME 16.5-2003
—FOR GIRTH FLANGE: 32-45 AARU MICRO INCH WITH WITHOUT SERATED
5. NOZZLE PROJECTIONS ARE FROM TANGENTIAL LINE OR CENTERLINE OF H/EX TO FLANGE FACE.
ALL REINFORCEMENT PLATES SHALL BE PROVIDED MP/TA H/EX TAIL-TALE HOLE WITH GREASE AFTER TEST AND LOCATED AT 45° OFF THE LONGITUDINAL AXIS OF H/EX.
6. SPARE PARTS
 - FOR COMMISSIONING AND START-UP(SPT): GASKET : 200%
GASKET & NUT : 105% (MIN. 5 Stud bolts/10 Nuts)
 - FOR 2 YEARS OPERATION(SPT2) : GASKET : 200%
GASKET & NUT : 105% (MIN. 5 Stud bolts/10 Nuts)
 - : 5%
7. GASKET MATERIAL: FLAT METAL JACKETED GASKET
— JACKET: SOFT IRON, — FILLER: GRAPHITE
8. CARBON STEEL MATERIALS: FLAT WOUND GASKET
— INNER RING: 304 S.S. — OUTER RING: C.S
9. H/EX CONTACT SURFACE SHALL BE PREPARED AND FINISHED PAINTED AT THE SUPPLIER'S WORKS
ACCORDING TO THE PROTECTIVE PAINT AND COATINGS SPECIFICATION 8792-00-59-437.
10. STEAMCOAT CONDITIONS AT 185°C AT 1.5 kg/cm²(g) + F.V.
11. REINF. PAD SHALL BE PNEUMATICALLY TESTED AT 1 Brg.
12. LIFTING LUG PROVIDED ON CHANNEL SHALL NOT BE CONSIDERED OR USED FOR LIFTING THE ASSEMBLED EXCHANGER.
13. COLD FORMED SHEET COVER HEAD SHALL BE STRESS RELIEVED AFTER COLD FORMING.
14. ALL EXTERNAL BOLT THROUGHS SHALL BE SERVICES WITH A HIGH TEMPERATURE COPPER POWDER
PAINT AND SEALING MATERIAL. THE COATING SHALL BE APPLIED TO THE EXTERNAL SURFACE OF THE
BOLT AND BOLT HEAD. THE COATING SHALL BE APPLIED TO THE EXTERNAL SURFACE OF THE BOLT HEAD.
15. BASE LINE(B.L) INDICATES THE GASKET CONTACT SURFACE OF SHELL FLANGE.



ASME CODE STAMPED WORK (U)									
NOTE									
1. GASKET MATERIAL : SPIRAL WOUND GASKET NOTE 8-2 OF GENERAL ASSEMBLY.									
15	1								
14	2								
13	3								
12	4								
11	5								
10	6								
9	7								
8	8								
7	9								
6	10								
5	11								
4	12								
3	13								
2	14								
1	15								
	16								
	17								
	18								
	19								
	20								
	21								
	22								
	23								
	24								
	25								
	26								
	27								
	28								
	29								
	30								
	31								
	32								
	33								
	34								
	35								
	36								
	37								
	38								
	39								
	40								
	41								
	42								
	43								
	44								
	45								
	46								
	47								
	48								
	49								
	50								
	51								
	52								
	53								
	54								
	55								
	56								
	57								
	58								
	59								
	60								
	61								
	62								
	63								
	64								
	65								
	66								
	67								
	68								
	69								
	70								
	71								
	72								
	73								
	74								
	75								
	76								
	77								
	78								
	79								
	80								
	81								
	82								
	83								
	84								
	85								
	86								
	87								
	88								
	89								
	90								
	91								
	92								
	93								
	94								
	95								
	96								
	97								
	98								
	99								
	100								

FOR CONTRACTOR USE									
Contract No.		Contract Title		Contract Date		Contract Status		Contract Location	
1. Contract No.		2. Contract Title		3. Contract Date		4. Contract Status		5. Contract Location	
6. Contract No.		7. Contract Title		8. Contract Date		9. Contract Status		10. Contract Location	
11. Contract No.		12. Contract Title		13. Contract Date		14. Contract Status		15. Contract Location	
16. Contract No.		17. Contract Title		18. Contract Date		19. Contract Status		20. Contract Location	
21. Contract No.		22. Contract Title		23. Contract Date		24. Contract Status		25. Contract Location	
26. Contract No.		27. Contract Title		28. Contract Date		29. Contract Status		30. Contract Location	
31. Contract No.		32. Contract Title		33. Contract Date		34. Contract Status		35. Contract Location	
36. Contract No.		37. Contract Title		38. Contract Date		39. Contract Status		40. Contract Location	
41. Contract No.		42. Contract Title		43. Contract Date		44. Contract Status		45. Contract Location	
46. Contract No.		47. Contract Title		48. Contract Date		49. Contract Status		50. Contract Location	
51. Contract No.		52. Contract Title		53. Contract Date		54. Contract Status		55. Contract Location	
56. Contract No.		57. Contract Title		58. Contract Date		59. Contract Status		60. Contract Location	
61. Contract No.		62. Contract Title		63. Contract Date		64. Contract Status		65. Contract Location	
66. Contract No.		67. Contract Title		68. Contract Date		69. Contract Status		70. Contract Location	
71. Contract No.		72. Contract Title		73. Contract Date		74. Contract Status		75. Contract Location	
76. Contract No.		77. Contract Title		78. Contract Date		79. Contract Status		80. Contract Location	
81. Contract No.		82. Contract Title		83. Contract Date		84. Contract Status		85. Contract Location	
86. Contract No.		87. Contract Title		88. Contract Date		89. Contract Status		90. Contract Location	
91. Contract No.		92. Contract Title		93. Contract Date		94. Contract Status		95. Contract Location	
96. Contract No.		97. Contract Title		98. Contract Date		99. Contract Status		100. Contract Location	
101. Contract No.		102. Contract Title		103. Contract Date		104. Contract Status		105. Contract Location	
106. Contract No.		107. Contract Title		108. Contract Date		109. Contract Status		110. Contract Location	
111. Contract No.		112. Contract Title		113. Contract Date		114. Contract Status		115. Contract Location	
116. Contract No.		117. Contract Title		118. Contract Date		119. Contract Status		120. Contract Location	
121. Contract No.		122. Contract Title		123. Contract Date		124. Contract Status		125. Contract Location	
126. Contract No.		127. Contract Title		128. Contract Date		129. Contract Status		130. Contract Location	
131. Contract No.		132. Contract Title		133. Contract Date		134. Contract Status		135. Contract Location	
136. Contract No.		137. Contract Title		138. Contract Date		139. Contract Status		140. Contract Location	
141. Contract No.		142. Contract Title		143. Contract Date		144. Contract Status		145. Contract Location	
146. Contract No.		147. Contract Title		148. Contract Date		149. Contract Status		150. Contract Location	
151. Contract No.		152. Contract Title		153. Contract Date		154. Contract Status		155. Contract Location	
156. Contract No.		157. Contract Title		158. Contract Date		159. Contract Status		160. Contract Location	
161. Contract No.		162. Contract Title		163. Contract Date		164. Contract Status		165. Contract Location	
166. Contract No.		167. Contract Title		168. Contract Date		169. Contract Status		170. Contract Location	
171. Contract No.		172. Contract Title		173. Contract Date		174. Contract Status		175. Contract Location	
176. Contract No.		177. Contract Title		178. Contract Date		179. Contract Status		180. Contract Location	
181. Contract No.		182. Contract Title		183. Contract Date		184. Contract Status		185. Contract Location	
186. Contract No.		187. Contract Title		188. Contract Date		189. Contract Status		190. Contract Location	
191. Contract No.		192. Contract Title		193. Contract Date		194. Contract Status		195. Contract Location	
196. Contract No.		197. Contract Title		198. Contract Date		199. Contract Status		200. Contract Location	
201. Contract No.		202. Contract Title		203. Contract Date		204. Contract Status		205. Contract Location	
206. Contract No.		207. Contract Title		208. Contract Date		209. Contract Status		210. Contract Location	
211. Contract No.		212. Contract Title		213. Contract Date		214. Contract Status		215. Contract Location	
216. Contract No.		217. Contract Title		218. Contract Date		219. Contract Status		220. Contract Location	
221. Contract No.		222. Contract Title		223. Contract Date		224. Contract Status		225. Contract Location	
226. Contract No.		227. Contract Title		228. Contract Date		229. Contract Status		230. Contract Location	
231. Contract No.		232. Contract Title		233. Contract Date		234. Contract Status		235. Contract Location	
236. Contract No.		237. Contract Title		238. Contract Date		239. Contract Status		240. Contract Location	
241. Contract No.		242. Contract Title		243. Contract Date		244. Contract Status		245. Contract Location	
246. Contract No.		247. Contract Title		248. Contract Date		249. Contract Status		250. Contract Location	
251. Contract No.		252. Contract Title		253. Contract Date		254. Contract Status		255. Contract Location	
256. Contract No.		257. Contract Title		258. Contract Date		259. Contract Status		260. Contract Location	
261. Contract No.		262. Contract Title		263. Contract Date		264. Contract Status		265. Contract Location	
266. Contract No.		267. Contract Title		268. Contract Date		269. Contract Status		270. Contract Location	
271. Contract No.		272. Contract Title		273. Contract Date		274. Contract Status		275. Contract Location	
276. Contract No.		277. Contract Title		278. Contract Date		279. Contract Status		280. Contract Location	
281. Contract No.		282. Contract Title		283. Contract Date		284. Contract Status		285. Contract Location	
286. Contract No.		287. Contract Title		288. Contract Date		289. Contract Status		290. Contract Location	
291. Contract No.		292. Contract Title		293. Contract Date		294. Contract Status		295. Contract Location	
296. Contract No.		297. Contract Title		298. Contract Date		299. Contract Status		300. Contract Location	
301. Contract No.		302. Contract Title		303. Contract Date		304. Contract Status		305. Contract Location	
306. Contract No.		307. Contract Title		308. Contract Date		309. Contract Status		310. Contract Location	
311. Contract No.		312. Contract Title		313. Contract Date		314. Contract Status		315. Contract Location	
316. Contract No.		317. Contract Title		318. Contract Date		319. Contract Status		320. Contract Location	
321. Contract No.		322. Contract Title		323. Contract Date		324. Contract Status		325. Contract Location	
326. Contract No.		327. Contract Title		328. Contract Date		329. Contract Status		330. Contract Location	
331. Contract No.		332. Contract Title		333. Contract Date		334. Contract Status		335. Contract Location	
336. Contract No.		337. Contract Title		338. Contract Date		339. Contract Status		340. Contract Location	
341. Contract No.		342. Contract Title		343. Contract Date		344. Contract Status		345. Contract Location	
346. Contract No.		347. Contract Title		348. Contract Date		349. Contract Status		350. Contract Location	
351. Contract No.		352. Contract Title		353. Contract Date		354. Contract Status		355. Contract Location	
356. Contract No.		357. Contract Title		358. Contract Date		359. Contract Status		360. Contract Location	
361. Contract No.		362. Contract Title		363. Contract Date		364. Contract Status		365. Contract Location	
366. Contract No.		367. Contract Title		368. Contract Date		369. Contract Status		370. Contract Location	
371. Contract No.		372. Contract Title		373. Contract Date		374. Contract Status		375. Contract Location	
376. Contract No.		377. Contract Title		378. Contract Date		379. Contract Status		380. Contract Location	
381. Contract No.		382. Contract Title		383. Contract Date		384. Contract Status		385. Contract Location	
386. Contract No.		387. Contract Title		388. Contract Date		389. Contract Status		390. Contract Location	
391. Contract No.		392. Contract Title		393. Contract Date		394. Contract Status		395. Contract Location	
396. Contract No.		397. Contract Title		398. Contract Date		399. Contract Status		400. Contract Location	
401. Contract No.		402. Contract Title		403. Contract Date		404. Contract Status		405. Contract Location	
406. Contract No.		407. Contract Title		408. Contract Date		409. Contract Status		410. Contract Location	
411. Contract No.		412. Contract Title		413. Contract Date		414. Contract Status		415. Contract Location	
416. Contract No.		417. Contract Title		418. Contract Date		419. Contract Status		420. Contract Location	
421. Contract No.		422. Contract Title		423. Contract Date		424. Contract Status		425. Contract Location	
426. Contract No.		427. Contract Title		428. Contract Date		429. Contract Status		430. Contract Location	
431. Contract No.		432. Contract Title		433. Contract Date		434. Contract Status		435. Contract Location	
436. Contract No.		437. Contract Title		438. Contract Date		439. Contract Status		440. Contract Location	
441. Contract No.		442. Contract Title		443. Contract Date		444. Contract Status		445. Contract Location	
446. Contract No.		447. Contract Title		448. Contract Date		449. Contract Status		450. Contract Location	
451. Contract No.		452. Contract Title		453. Contract Date		454. Contract Status		455. Contract Location	
456. Contract No.		457. Contract Title		458. Contract Date		459. Contract Status		460. Contract Location	
461. Contract No.		462. Contract Title		463. Contract Date		464. Contract Status		465. Contract Location	
466. Contract No.		467. Contract Title		468. Contract Date		469. Contract Status		470. Contract Location	
471. Contract No.		472. Contract Title		473. Contract Date		474. Contract Status		475. Contract Location	
476. Contract No.		477. Contract Title		478. Contract Date		479. Contract Status		480. Contract Location	
481. Contract No.		482. Contract Title		483. Contract Date		484. Contract Status		485. Contract Location	
486. Contract No.		487. Contract Title		488. Contract Date		489. Contract Status		490. Contract Location	
491. Contract No.		492. Contract Title		493. Contract Date		494. Contract Status		495. Contract Location	
496. Contract No.		497. Contract Title		498. Contract Date		499. Contract Status		500. Contract Location	
501. Contract No.		502. Contract Title		503. Contract Date		504. Contract Status		505. Contract Location	
506. Contract No.		507. Contract Title		508. Contract Date		509. Contract Status		510. Contract Location	
511. Contract No.		512. Contract Title		513. Contract Date		514. Contract Status		515. Contract Location	
516. Contract No.		517. Contract Title		518. Contract Date		519. Contract Status		520. Contract Location	
521. Contract No.		522. Contract Title		523. Contract Date		524. Contract Status		525. Contract Location	
526. Contract No.		527. Contract Title		528. Contract Date		529. Contract Status		530. Contract Location	
531. Contract No.		532. Contract Title		533. Contract Date		534. Contract Status		535. Contract Location	
536. Contract No.		537. Contract Title		538. Contract Date		539. Contract Status		540. Contract Location	
541. Contract No.		542. Contract Title		543. Contract Date		544. Contract Status		545. Contract Location	
546. Contract No.		547. Contract Title		548. Contract Date		549. Contract Status		550. Contract Location	
551. Contract No.		552. Contract Title		553. Contract Date		554. Contract Status		555. Contract Location	
556. Contract No.		557. Contract Title		558. Contract Date		559. Contract Status		560. Contract Location	
561. Contract No.		562. Contract Title		563. Contract Date		564. Contract Status		565. Contract Location	
566. Contract No.		567. Contract Title		568. Contract Date		569. Contract Status		570. Contract Location	
571. Contract No.		572. Contract Title		573. Contract Date		574. Contract Status		575. Contract Location	
576. Contract No.		577. Contract Title		578. Contract Date		579. Contract Status		580. Contract Location	
581. Contract No.		582. Contract Title		583. Contract Date		584. Contract Status		585. Contract Location	
586. Contract No.		587. Contract Title		588. Contract Date		589. Contract Status		590. Contract Location	
591. Contract No.		592. Contract Title		593. Contract Date		594. Contract Status		595. Contract Location	
596. Contract No.		597. Contract Title		598. Contract Date		599. Contract Status		600. Contract Location	
601. Contract No.		602. Contract Title		603. Contract Date		604. Contract Status		605. Contract Location	
606. Contract No.		607. Contract Title		608. Contract Date		609. Contract Status		610. Contract Location	
611. Contract No.		612. Contract Title		613. Contract Date		614. Contract Status		615. Contract Location	
616. Contract No.		617. Contract Title		618. Contract Date		619. Contract Status		620. Contract Location	
621. Contract No.		622. Contract Title		623. Contract Date		624. Contract Status		625. Contract Location	
626. Contract No.		627. Contract Title		628. Contract Date		629. Contract Status		630. Contract Location	
631. Contract No.		632. Contract Title		633. Contract Date		634. Contract Status		635. Contract Location	
636. Contract No.		637. Contract Title		638. Contract Date		639. Contract Status		640. Contract Location	
641. Contract No.		642. Contract Title		643. Contract Date		644. Contract Status		645. Contract Location	
646. Contract No.		647. Contract Title		648. Contract Date		649. Contract Status		650. Contract Location	
651. Contract No.		652. Contract Title		653. Contract Date		654. Contract Status		655. Contract Location	
656. Contract No.		657. Contract Title		658. Contract Date		659. Contract Status		660. Contract Location	
661. Contract No.		662. Contract Title		663. Contract Date		664. Contract Status		665. Contract Location	
666. Contract No.		667. Contract Title		668. Contract Date		669. Contract Status		670. Contract Location	
671. Contract No.		672. Contract Title		673. Contract Date		674. Contract Status		675. Contract Location	
676. Contract No.		677. Contract Title		678. Contract Date		679. Contract Status		680. Contract Location	
681. Contract No.		682. Contract Title		683. Contract Date		684. Contract Status		685. Contract Location	
686. Contract No.		687. Contract Title		688. Contract Date		689. Contract Status		690. Contract Location	
691. Contract No.		692. Contract Title		693. Contract Date		694. Contract Status		695. Contract Location	
696. Contract No.		697. Contract Title		698. Contract Date		699. Contract Status		700. Contract Location	
701. Contract No.		702. Contract Title		703. Contract Date		704. Contract Status		705. Contract Location	
706. Contract No.		707. Contract Title		708. Contract Date		709. Contract Status		710. Contract Location	
711. Contract No.		712. Contract Title		713. Contract Date		714. Contract Status		715. Contract Location	
716. Contract No.		717. Contract Title		718. Contract Date		719. Contract Status		720. Contract Location	
721. Contract No.		722. Contract Title		723. Contract Date		724. Contract Status		725. Contract Location	
726. Contract No.		727. Contract Title		728. Contract Date		729. Contract Status		730. Contract Location	
731. Contract No.		732. Contract Title		733. Contract Date		734. Contract Status		735. Contract Location	
736. Contract No.		737. Contract Title		738. Contract Date		739. Contract Status		740. Contract Location	
741. Contract No.		742. Contract Title		743. Contract Date		744. Contract Status		745. Contract Location	
746. Contract No.		747. Contract Title		748. Contract Date		749. Contract Status		750. Contract Location	
751. Contract No.		752. Contract Title		753. Contract Date		754. Contract Status		755. Contract Location	
756. Contract No.		757. Contract Title		758. Contract Date		759. Contract Status		760. Contract Location	
761. Contract No.		762. Contract Title		763. Contract Date		764. Contract Status		765. Contract Location	
766. Contract No.		767. Contract Title		768. Contract Date		769. Contract Status		770. Contract Location	
771. Contract No.		772. Contract Title		773. Contract Date		774. Contract Status		775. Contract Location	
776. Contract No.		777. Contract Title		778. Contract Date		779. Contract Status		780. Contract Location	
781. Contract No.		782. Contract Title		783. Contract Date		784. Contract Status		785. Contract Location	
786. Contract No.		787. Contract Title		788. Contract Date		789. Contract Status		790. Contract Location	
791. Contract No.		792. Contract Title		793. Contract Date		794. Contract Status		795. Contract Location	
796. Contract No.		797. Contract Title		798. Contract Date		799. Contract Status		800. Contract Location	
801. Contract No.		802. Contract Title		803. Contract Date		804. Contract Status		805. Contract Location	
806. Contract No.		807. Contract Title		808. Contract Date		809. Contract Status		810. Contract Location	
811. Contract No.		812. Contract Title		813. Contract Date		814. Contract Status		815. Contract Location	
816. Contract No.		817. Contract Title		818. Contract Date		819. Contract Status		820. Contract Location	
821. Contract No.		822. Contract Title		823. Contract Date		824. Contract Status		825. Contract Location	
826. Contract No.		827. Contract Title		828. Contract Date		829. Contract Status		830. Contract Location	
831. Contract No.		832. Contract Title		833. Contract Date		834. Contract Status		835. Contract Location	
836. Contract No.		837. Contract Title		838. Contract Date		839. Contract Status			

General information

- The R line heavy duty process pumps are horizontal, radially split, centerline supported, single entry overhung impeller, designed in a back pull-out configuration according to latest edition of API 610 Std.
- Main design features are:
- Back pull-out construction for easy maintenance procedures.
 - Choice of multiple impellers for optimum efficiency over a wide operating range. Coverage includes more than 1 100 different hydraulics.
 - Twin volute configuration to minimise radial loads and shaft deflections (over 2" discharge nozzle size).
 - Centerline feet mounting for high temperature stability.
 - Bearing bracket geometry optimised in order to definitely eliminate water cooling system, even for high temperature applications up to 400°C.
 - Fan cooling and/or finned bearing bracket.
 - Casing, bearing frame and baseplate stiff enough to assure minimum shaft deflections under heavy nozzle load conditions (extended life for seal and bearing).
 - Wear rings and balance holes optimised for an extended life under the most adverse suction conditions (duplex angular contact or roller thrust bearings applicable).
 - Seals and sealing systems in accordance to API 682 Std.
 - Baseplate overall dimensions according to API 610 recommendation.

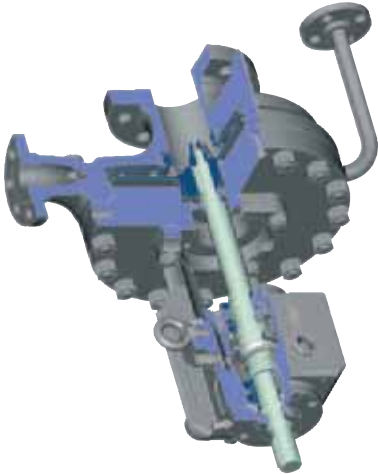
Options

- The following pump executions can be provided:
- Casing and cover with full cooling or heating jackets.
 - Open impellers suitable for high viscosity liquids or where significant quantities of solid are present.
 - Inducer to reduce NPSH requirements.
 - Stuffing box cooling water or heating jacket, easily accessible for inspection and mechanical cleaning.
 - Standard or special bearing isolators at either bearing housing ends.
 - Oil mist lubrication system (pure or purge).
 - Water cooling for bearing bracket.

Operating data

Capacities	up to 2500 m ³ /h	(11 000 Gpm)
Heads	up to 380 m	(1200 Feet)
Temperatures	from - 100°C (- 150°F) to 450°C (850°F)	
Design working pressure	up to 210 barg	(3000 Psi(g))
Rotational speed	up to 4000 Rpm	

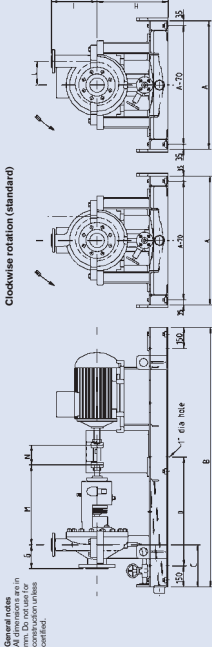
Heating jacketed configuration



Main pumps applications refer to heavy duties in:

- refineries
- petrochemical and chemical
- feedwater and power plant auxiliaries

R Line overall dimensions

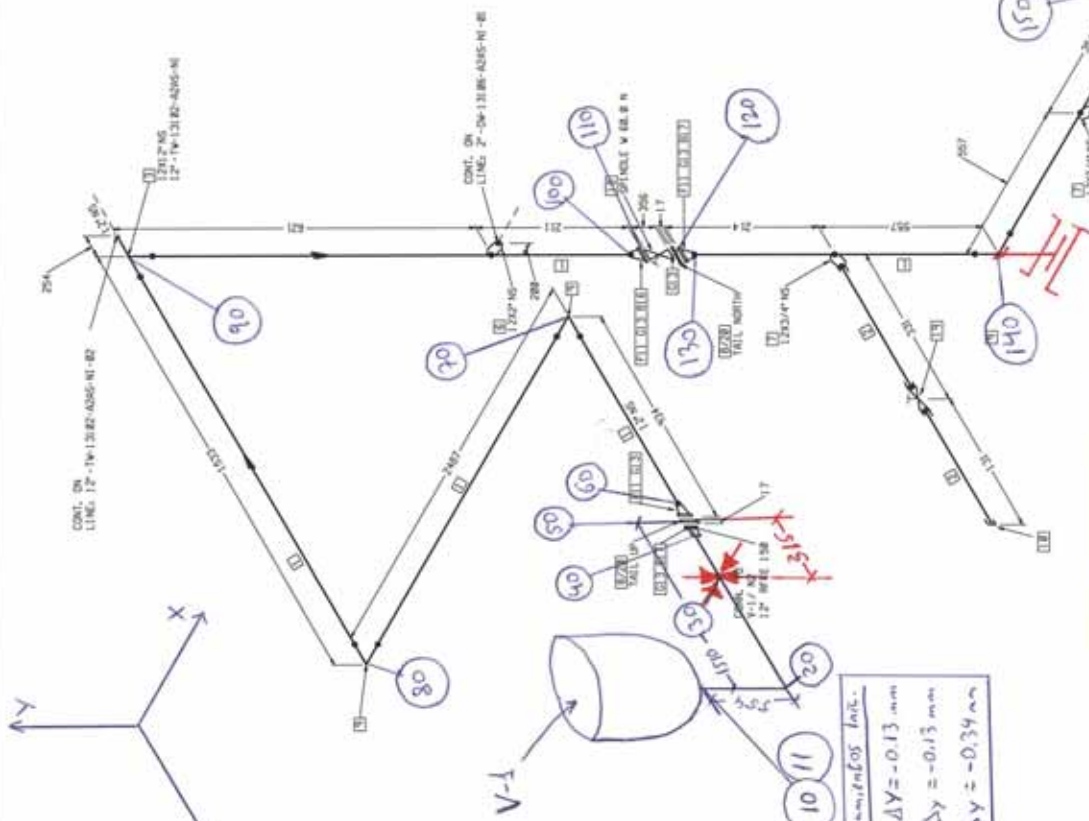
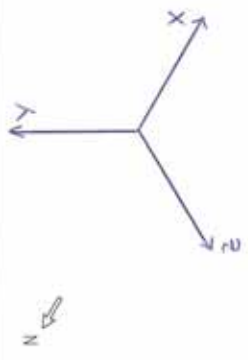


Pump type	nozzle inches	C	G	H	I	L	M	N	max. motor size	A	B	D	in ³ or bbls per side	
R 150/15 GN1	3/72"	300	150	500	250	0	5/75	140	180	1.5/1	755	1840/1530	770/615	3/3
R 150/25 GN1	3/72"	300	150	500	250	0	5/75	140	180	1.5/1	755	1840/1530	770/615	3/3
R 160/28 GN1	3/72"	300	150	500	250	0	5/75	140	180	1.5/1	755	1840/1530	770/615	3/3
R 175/15 GN1	3/72"	300	150	500	250	0	5/75	140	180	1.5/1	755	1840/1530	770/615	3/3
R 175/25 GN1	3/72"	300	150	500	250	0	5/75	140	180	1.5/1	755	1840/1530	770/615	3/3
R 175/28 GN1	3/72"	300	150	500	250	0	5/75	140	180	1.5/1	755	1840/1530	770/615	3/3
R 200/15 GN1	3/72"	300	150	500	250	0	5/75	140	180	1.5/1	755	1840/1530	770/615	3/3
R 200/25 GN1	3/72"	300	150	500	250	0	5/75	140	180	1.5/1	755	1840/1530	770/615	3/3
R 200/28 GN1	3/72"	300	150	500	250	0	5/75	140	180	1.5/1	755	1840/1530	770/615	3/3
R 200/80 GN1	6/72"	300	210	500	225	125	5/75	140	280	4.33/3/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 225/15 GN1	3/72"	300	150	500	250	0	5/75	140	180	1.5/1	755	1840/1530	770/615	3/3
R 225/25 GN1	3/72"	300	150	500	250	0	5/75	140	180	1.5/1	755	1840/1530	770/615	3/3
R 225/28 GN1	3/72"	300	150	500	250	0	5/75	140	180	1.5/1	755	1840/1530	770/615	3/3

Pump type	nozzle inches	C	G	H	I	L	M	N	rot. speed rpm	A	B	D		
R 250/15 GN1	4/72"	300	170	500	280	0	5/75	140	280	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 250/25 GN1	4/72"	300	170	500	280	0	5/75	140	280	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 250/28 GN1	4/72"	300	170	500	280	0	5/75	140	280	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 260/80 GN1	6/72"	300	170	500	285	145	5/75	140	280	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 260/80 GN1	6/72"	300	210	500	270	165	5/75	140	280	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 250/100 GN1	6/74"	300	170	500	285	180	5/75	140	315	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 275/15 GN1	4/72"	300	170	500	280	0	5/75	140	280	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 275/25 GN1	4/72"	300	170	500	280	0	5/75	140	280	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 275/25 GN1	4/72"	300	170	500	280	0	5/75	140	280	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 300/15 GN1	4/72"	300	170	500	320	0	5/75	140	280	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 300/25 GN1	4/72"	300	170	500	320	0	5/75	140	280	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 300/28 GN1	4/72"	300	170	500	320	0	5/75	140	280	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 300/80 GN1	6/72"	300	170	500	285	165	5/75	140	315	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 320/15 GN1	4/72"	300	170	500	320	0	5/75	140	280	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 320/25 GN1	4/72"	300	170	500	320	0	5/75	140	280	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 320/28 GN1	4/72"	300	170	500	320	0	5/75	140	280	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 350/15 GN1	4/72"	300	170	500	350	0	5/75	140	315	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 350/25 GN1	4/72"	300	170	500	350	0	5/75	140	315	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 350/28 GN1	4/72"	300	170	500	350	0	5/75	140	315	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 375/15 GN1	4/72"	300	170	500	350	0	5/75	140	315	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 375/25 GN1	4/72"	300	170	500	350	0	5/75	140	315	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 375/28 GN1	4/72"	300	170	500	350	0	5/75	140	315	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 375/50 GN1	4/72"	300	170	500	350	0	5/75	140	315	4.33/2/2.5	910	2445/2145/1840/1530	715/615/700/615	4.4/3/3
R 300/150 GN2	6/76"	300	250	620	335	200	740	200	315	6.6/6.5/5.5	1060	2760/2445/2145/1840	615/715/615/770	5.4/3/3
R 300/100 GN2	6/74"	300	210	620	310	200	740	200	315	6.6/6.5/5.5	1060	2760/2445/2145/1840	615/715/615/770	5.4/3/3
R 300/150 GN2	6/76"	300	250	620	335	220	740	200	315	6.6/6.5/5.5	1060	2760/2445/2145/1840	615/715/615/770	5.4/3/3
R 300/200 GN2	10/78"	300	290	700	360	250	740	200	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 350/150 GN2	6/76"	400	210	700	350	215	740	200	315	6.6/6.5/5.5	1060	2760/2445/2145/1840	615/715/615/770	5.4/3/3
R 350/200 GN2	10/78"	400	250	700	350	260	740	200	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 350/250 GN2	6/76"	300	210	620	350	235	740	200	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 350/300 GN2	6/76"	300	210	620	330	215	740	200	315	6.6/6.5/5.5	1060	2760/2445/2145/1840	615/715/615/770	5.4/3/3
R 350/350 GN2	6/76"	300	210	620	330	215	740	200	315	6.6/6.5/5.5	1060	2760/2445/2145/1840	615/715/615/770	5.4/3/3
R 400/200 GN2	10/78"	300	290	700	360	250	740	200	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 400/250 GN2	12/101"	400	290	700	400	300	740	200	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 400/300 GN2	14/121"	400	290	700	380	300	740	200	400	10.6/5/9	1390	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 430/80 GN2	4/72"	300	170	620	365	245	740	200	315	6.6/6.5/5.5	1060	2760/2445/2145/1840	615/715/615/770	5.4/3/3
R 430/100 GN2	6/74"	300	210	620	365	245	740	200	315	6.6/6.5/5.5	1060	2760/2445/2145/1840	615/715/615/770	5.4/3/3
R 430/150 GN2	6/76"	400	250	700	400	305	740	200	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 450/100 GN2	10/78"	400	290	700	400	305	740	200	400	10.6/5/9	1390	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 450/150 GN2	4/72"	300	230	700	420	270	740	200	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 450/200 GN2	6/74"	300	230	700	405	260	740	200	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 350/200 GN3	6/76"	300	290	700	390	260	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 350/250 GN3	6/76"	300	290	700	405	270	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 450/250 GN3	12/101"	500	350	700	450	335	850	280	400	10.6/5/9	1390	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 450/300 GN3	14/121"	500	350	700	450	335	850	280	400	10.6/5/9	1390	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 450/350 GN3	6/74"	300	230	700	420	260	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 500/300 GN3	14/121"	500	350	800	350	350	850	280	400	12.1/15/11	1545	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 500/350 GN3	14/121"	500	350	800	350	350	850	280	400	12.1/15/11	1545	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 500/400 GN3	6/76"	400	290	700	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 520/200 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 520/250 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 520/300 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 520/350 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 520/400 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 520/450 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 520/500 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/150 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/200 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/250 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/300 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/350 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/400 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/450 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/500 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/550 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/600 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/650 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/700 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/750 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/800 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/850 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/900 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/950 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/1000 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/1050 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	280	400	8/75/7	1240	2760/2445/2145	615/715/615	5.4/4
R 530/1100 GN3	6/76"	400	150	800	400	305	850	2						



8.5. Planos Isométricos de flexibilidad



Desplazamientos Iniz.
D1: $\Delta Y = -0.13 \text{ mm}$
D2: $\Delta y = -0.15 \text{ mm}$
D3: $\Delta y = -0.34 \text{ mm}$

Cargas Max. Nudo 140
 $F_x = -5.5 \text{ KN}$
 $F_y = -23.7 \text{ KN}$
 $F_z = -4.7 \text{ KN}$

Desplazamientos Iniz.
D1: $\Delta x = -0.1 \text{ mm}$
D2: 0
D3: $\Delta x = -0.35 \text{ mm}$

Temperaturas:
T1: Nodos 10-201 $\Rightarrow T^\circ \text{ Operación}$
Nodos 90-210 $\Rightarrow 75\% T^\circ \text{ Operación}$
Nodos 210-240 $\Rightarrow 50\% T^\circ \text{ Operación}$
Nodos 240-321 $\Rightarrow T^\circ \text{ Ambiente}$
T2: Nodos 10-321 $\Rightarrow T^\circ \text{ Operación}$
Nodos 90-110 $\Rightarrow 75\% T^\circ \text{ Operación}$
Nodos 110-201 $\Rightarrow T^\circ \text{ Ambiente}$
T3: Todo a $T^\circ \text{ Diseño}$

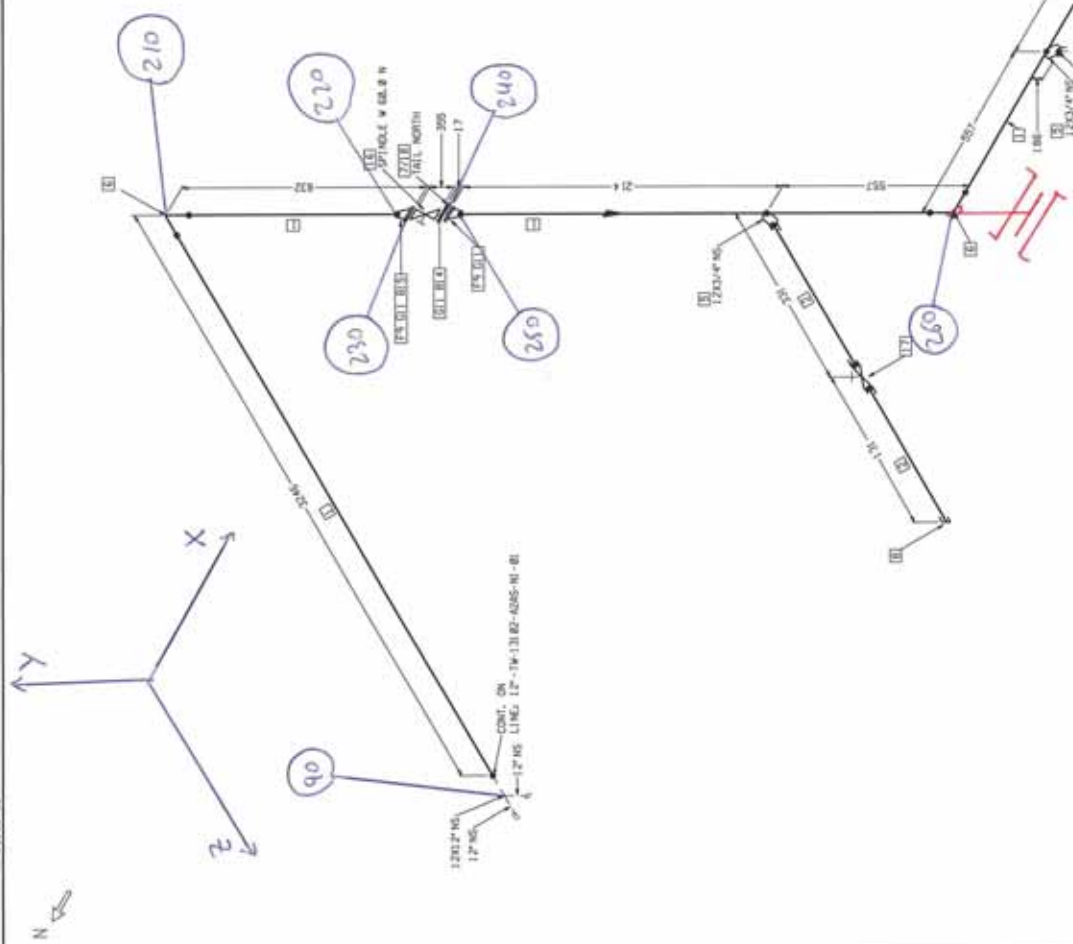
Pasiones:
 $P_1 = P_2 = P_{\text{Operación}}$
 $P_3 = P_{\text{Diseño}}$

NO.	COMPONENT DESCRIPTION	QTY	UNIT
STEEL			
1	PIPE 48.00 - 12.12 IN. 5.20	12	4800 MM
2	PIPE 48.00 - 12.12 IN. 5.20	24	170 MM
BRACKET			
3	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
4	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
5	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
6	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
7	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
8	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
9	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
10	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
WELDING			
11	WELDING 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
12	WELDING 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
BRACKET			
13	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
14	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
BRACKET			
15	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
16	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
17	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
18	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
19	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
20	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
BRACKET			
21	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
22	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
23	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.
24	BRACKET 12.12 IN. 5.20 - 12.12 IN. 5.20	12	12 IN.

ANALISTA: ESTEBAN MELCHOR		REVISOR: Z	PROYECTO: D
Calculo: Sereva		TRABAJO: 01	REVISOR: S1
ISOMETRIC DRAWING			
LINE No: 12-TW-13102-A2AS-NI			
DRAWING NUMBER			
TW-13102-01			

NOTE1: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE

STRESS CATEGORY	1	2	3	4	5
50	1	95	11.8	A2AS	
°C	KSCG	°C	KSCG		
TEMP	TEMP	TEMP	TEMP	TEMP	TEMP



Cargas Ma's. No. 260
 $F_x = -2.8 \text{ kN}$
 $F_y = -140 \text{ kN}$
 $F_z = -4.8 \text{ kN}$

Desplazamientos máx.
 $D1 : \Delta x = -0.1 \text{ m}$
 $D2 : \Delta x = -0.1 \text{ m}$
 $D3 : \Delta x = -0.1 \text{ m}$

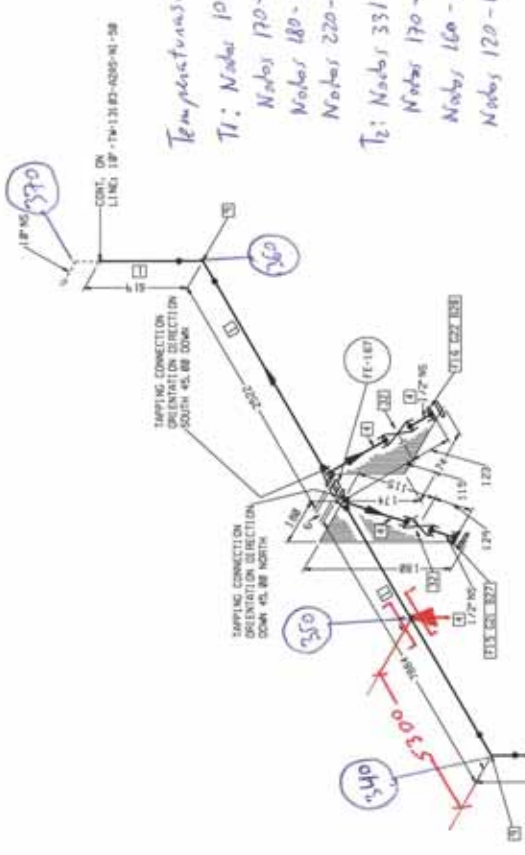
NOTE: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE

STRESS CATEGORY	1				
50 °C	1	95 °C	11.8 KSCG	A2AS	
OPER. TEMP	OPER. PRESS.	DESIGN TEMP	DESIGN PRESS	SPEC	

NO.	COMPONENT IDENTIFICATION	SIZE	UNIT
1	PIPE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
2	PIPE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
3	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
4	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
5	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
6	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
7	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
8	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
9	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
10	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
11	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
12	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
13	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
14	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
15	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
16	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
17	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
18	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
19	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
20	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS

NO.	COMPONENT IDENTIFICATION	SIZE	UNIT
1	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
2	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
3	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
4	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
5	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
6	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
7	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
8	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
9	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
10	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
11	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
12	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
13	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
14	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
15	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
16	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
17	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
18	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
19	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS
20	FLANGE, 12" NPS, 12 IN. O.D., 12 IN. I.D., 12 IN. WALL	12	304 SS

ANALISTA: ELEGAN MELLER	REVISOR: JUAN	PROYECTO: 12-13102-02
CALCULO: SUCESION		
ISOMETRIC DRAWING	REVISOR: JUAN	PROYECTO: 12-13102-02
LINE No: 12-13102-02	REVISOR: JUAN	PROYECTO: 12-13102-02
DRAWING NUMBER	REVISOR: JUAN	PROYECTO: 12-13102-02
TW-13102-02	REVISOR: JUAN	PROYECTO: 12-13102-02



Gases Max. Nudo 350
 $F_x = 1.5 \text{ kN}$
 $F_y = -6.2 \text{ kN}$
 $F_z = 1.8 \text{ kN}$



Gases Max. Nudo 150
 $F_x = -3.4 \text{ kN}$
 $F_y = -11.4 \text{ kN}$
 $F_z = 4 \text{ kN}$

Temperaturas:
 T_1 : Nudo 10-210 $\Rightarrow T^{\circ} \text{ Gasolina}$
 Nudo 170-180 $\Rightarrow 35\% T^{\circ} \text{ Gasolina}$
 Nudo 180-220 $\Rightarrow 50\% T^{\circ} \text{ Gasolina}$
 Nudo 220-351 $\Rightarrow T^{\circ} \text{ ambiente}$
 T_2 : Nudo 331-200 $\Rightarrow T^{\circ} \text{ Gasolina}$
 Nudo 170-160 $\Rightarrow 75\% T^{\circ} \text{ Gasolina}$
 Nudo 160-120 $\Rightarrow 50\% T^{\circ} \text{ Gasolina}$
 Nudo 120-10 $\Rightarrow T^{\circ} \text{ Ambiente}$
 T_3 : Todo a $T^{\circ} \text{ Dioxo}$

Presiones:
 $P_1 = P_2 = P \text{ operation}$
 $P_3 = P \text{ Dioxo}$

Gases Max. Nudo 60
 $F_x = 3.8 \text{ kN}$
 $F_y = -9.2 \text{ kN}$
 $F_z = -1.3 \text{ kN}$

Desplazamientos h/c:
 $D1: \Delta Y = 0.14 \text{ mm}$
 $\Delta Z = 0.9 \text{ mm}$
 $D2: 0$
 $D3: \Delta Y = 0.28 \text{ mm}$
 $\Delta Z = 0.14 \text{ mm}$

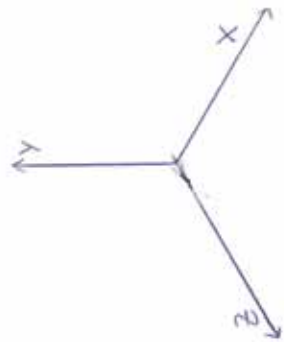
NO.	COMPONENT DESCRIPTION	QTY
ITEMS		
1	PIPE 406.4 - 10' - 18 IN. 5.28	18
2	PIPE 406.4 - 10' - 2 IN. 5.40	2
3	PIPE 406.4 - 10' - 18 IN. 5.40	2
4	PIPE 406.4 - 10' - 18 IN. 5.40	2
ITEMS		
5	FLANGE 10' - 18 IN. 5.28	18
6	FLANGE 10' - 2 IN. 5.40	2
7	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2
8	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2
9	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2
10	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2
ITEMS		
11	WELDING NECK FLANGE 406.4 - 10' - 18 IN. 5.28	18
12	WELDING NECK FLANGE 406.4 - 10' - 2 IN. 5.40	2
13	WELDING NECK FLANGE 406.4 - 10' - 18 IN. 5.40	2
14	WELDING NECK FLANGE 406.4 - 10' - 18 IN. 5.40	2
15	WELDING NECK FLANGE 406.4 - 10' - 18 IN. 5.40	2
16	WELDING NECK FLANGE 406.4 - 10' - 18 IN. 5.40	2
ITEMS		
17	SPRING WELDING NECK FLANGE 406.4 - 10' - 18 IN. 5.28	18
18	SPRING WELDING NECK FLANGE 406.4 - 10' - 2 IN. 5.40	2
19	SPRING WELDING NECK FLANGE 406.4 - 10' - 18 IN. 5.40	2
20	SPRING WELDING NECK FLANGE 406.4 - 10' - 18 IN. 5.40	2
21	SPRING WELDING NECK FLANGE 406.4 - 10' - 18 IN. 5.40	2
22	SPRING WELDING NECK FLANGE 406.4 - 10' - 18 IN. 5.40	2
ITEMS		
23	FLANGE 10' - 18 IN. 5.28	18
24	FLANGE 10' - 2 IN. 5.40	2
25	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2
26	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2
27	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2
28	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2
ITEMS		
29	FLANGE 10' - 18 IN. 5.28	18
30	FLANGE 10' - 2 IN. 5.40	2
31	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2
32	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2
33	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2
ITEMS		
34	FLANGE 10' - 18 IN. 5.28	18
35	FLANGE 10' - 2 IN. 5.40	2
36	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2
37	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2
38	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2
ITEMS		
39	FLANGE 10' - 18 IN. 5.28	18
40	FLANGE 10' - 2 IN. 5.40	2
41	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2
42	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2
43	FLANGE 10' - 18 IN. 5.40	2

STRESS CATEGORY		1
50	6.4	11.83
°C	KSCC	°C
DESIGN TEMP	DESIGN PRESS	DESIGN PRESS

NOTE1: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE

ISOMETRIC DRAWING	
LINE No:	10-TW-13103-A2AS-NI
DRAWING NUMBER	TW-13103-11
REVISION	
NO.	1
DATE	
BY	
CHECKED	
APPROVED	
DESIGNED	
REVISION	
NO.	1
DATE	
BY	
CHECKED	
APPROVED	
DESIGNED	
REVISION	
NO.	1
DATE	
BY	
CHECKED	
APPROVED	
DESIGNED	

AVALUADA: ESTEBAN MACHON
 CALCULO: DEXIAGA



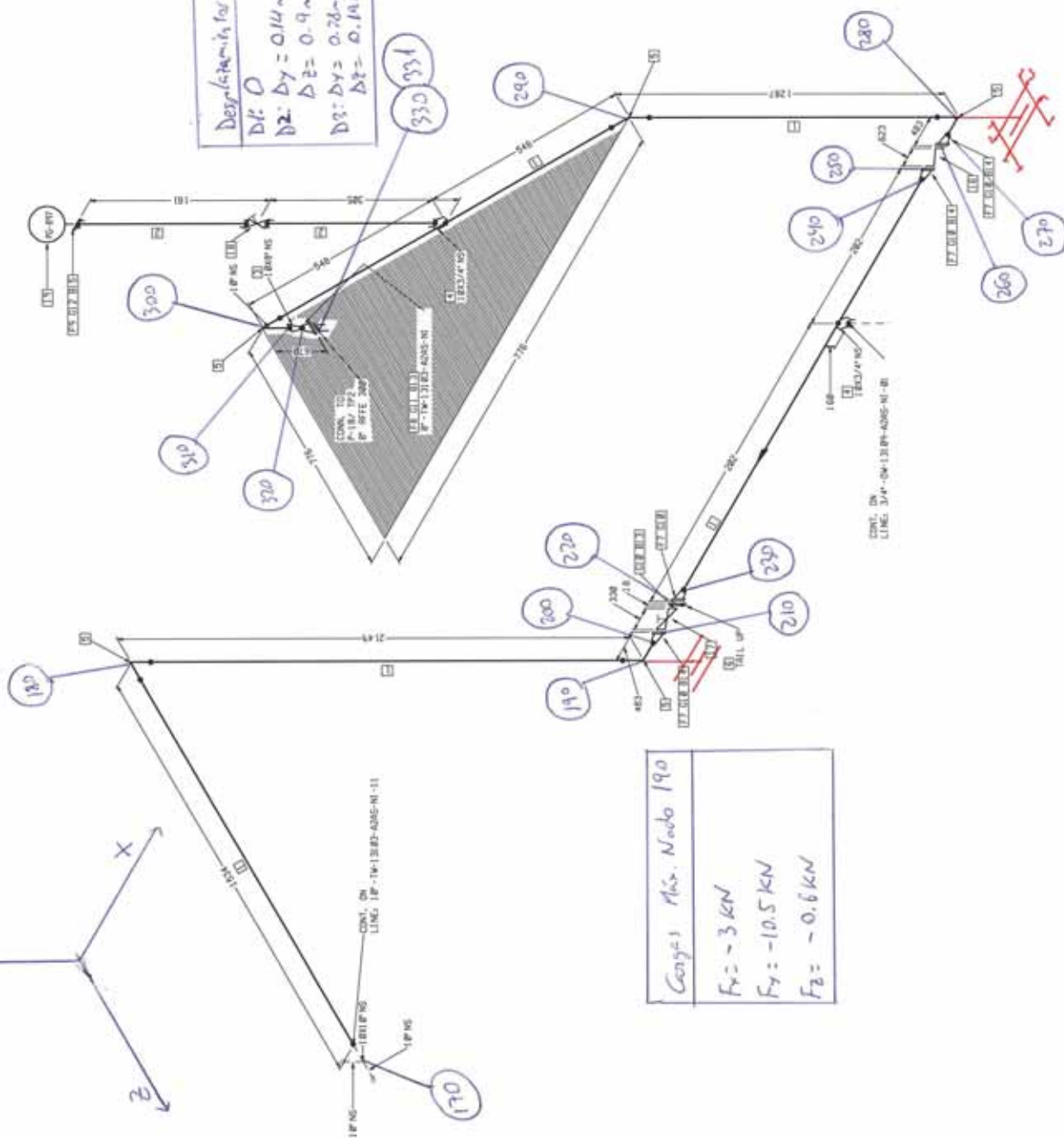
NO.	COMPONENT IDENTIFICATION	AS-BUILT	REV.
1	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	18	2000 MM
2	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
3	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
4	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
5	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
6	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
7	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
8	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
9	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
10	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
11	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
12	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
13	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
14	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
15	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
16	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
17	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
18	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
19	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
20	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
21	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
22	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
23	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
24	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
25	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
26	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
27	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
28	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
29	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
30	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
31	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
32	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
33	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
34	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
35	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
36	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
37	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
38	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
39	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
40	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
41	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
42	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
43	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
44	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
45	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
46	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
47	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
48	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
49	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
50	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
51	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
52	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
53	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
54	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
55	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
56	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
57	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
58	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
59	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
60	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
61	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
62	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
63	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
64	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
65	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
66	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
67	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
68	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
69	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
70	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
71	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
72	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
73	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
74	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
75	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
76	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
77	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
78	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
79	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
80	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
81	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
82	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
83	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
84	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
85	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
86	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
87	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
88	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
89	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
90	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
91	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
92	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
93	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
94	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
95	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
96	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
97	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
98	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
99	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM
100	PIPE AB000-000 - 80' 18" IN. 5-100	5/4	2000 MM

INSTRUMENTS
1/4" INSTRUMENT

Displacement for 1st
 $\Delta x = 0$
 $\Delta y = 0.14$
 $\Delta z = 0.9$
 $\Delta x = 0.28$
 $\Delta z = 0.18$

Cargas Max. Nudo 280
 $F_x = 5.1 \text{ KN}$
 $F_y = -6.4 \text{ KN}$
 $F_z = 2.3 \text{ KN}$

Cargas Max. Nudo 190
 $F_x = 3 \text{ KN}$
 $F_y = -10.5 \text{ KN}$
 $F_z = -0.6 \text{ KN}$



NOTE: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE

STRESS CATEGORY		I	
50 °C	6.4 KSCG	80 °C	11.83 KSCG
INCL. TEMP	SPCL. PRESS.	DESIGN TEMP	DESIGN PRESS.
			A2AS
			SPRC

ISOMETRIC DRAWING
 LINE No: 10-TW-13103-A2AS-NI
 DRAWING NUMBER
 TW-13103-12

REVISION
 NO. 1
 DATE 12/12/12
 BY 12/12/12
 CHECKED 12/12/12
 APPROVED 12/12/12

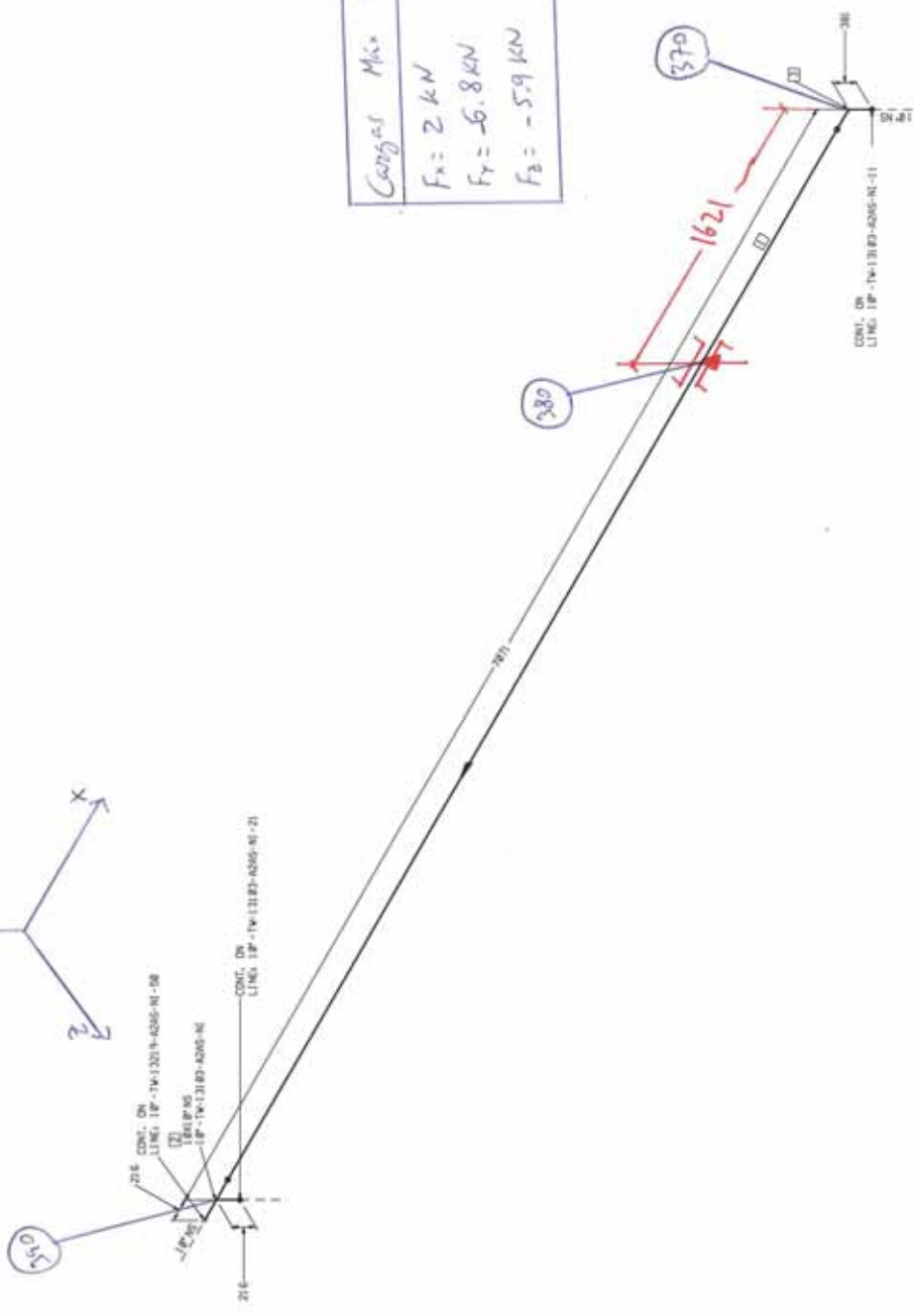
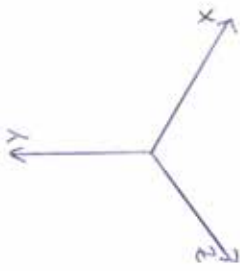
DESIGNED: ESTADIA MALINA
 ESTUDIO: DESAMBA

REVISION
 NO. 1
 DATE 12/12/12
 BY 12/12/12
 CHECKED 12/12/12
 APPROVED 12/12/12

REVISION
 NO. 1
 DATE 12/12/12
 BY 12/12/12
 CHECKED 12/12/12
 APPROVED 12/12/12

REVISION
 NO. 1
 DATE 12/12/12
 BY 12/12/12
 CHECKED 12/12/12
 APPROVED 12/12/12

REVISION
 NO. 1
 DATE 12/12/12
 BY 12/12/12
 CHECKED 12/12/12
 APPROVED 12/12/12



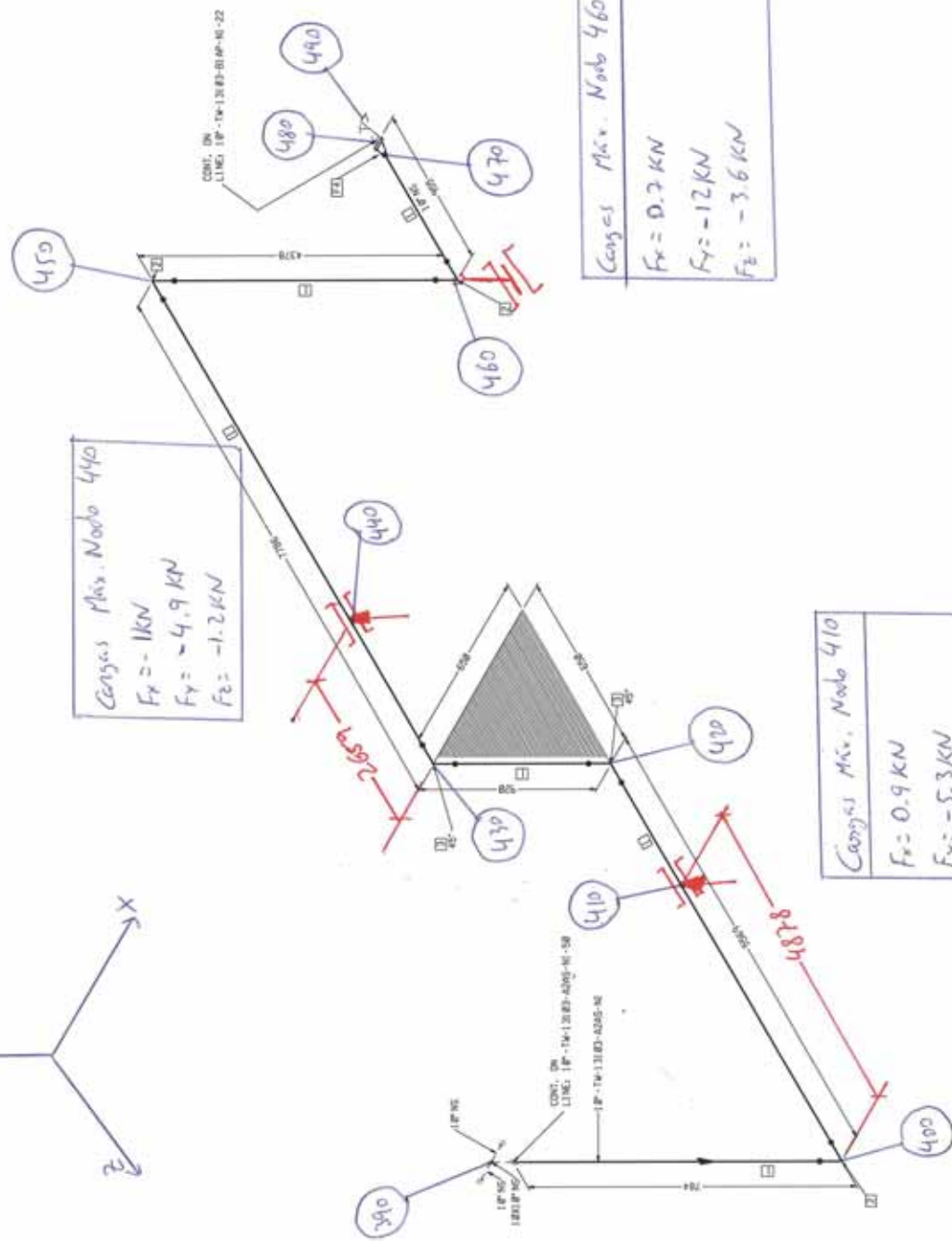
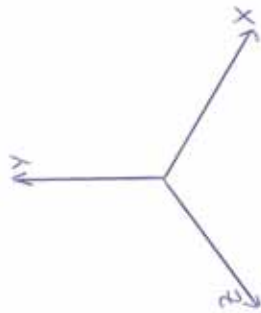
Carregas Max Noto 380
 $F_x = 2 \text{ kN}$
 $F_y = 6.8 \text{ kN}$
 $F_z = -5.9 \text{ kN}$

NO.	COMPONENT DESCRIPTION	QTY	UNIT	QTY
1	PIPE 1/2" x 1/8" - 10' - 10' (10 IN. 5' 0")	10	60 IN. W	
2	FLANGE 1/2" x 1/8" - 10' - 10' (10 IN. 5' 0")	10	60 IN. W	
3	WELD 1/2" x 1/8" - 10' - 10' (10 IN. 5' 0")	10	60 IN. W	

REVISION	DATE	BY	CHKD	APP'D
1				
ANALISTA: ESTEBAN MELCHOR				
CALCULO: DESVAGA				
ISOMETRIC DRAWING				
LINE No: 10-TW-13103-A2AS-NI				
DRAWING NUMBER				
TW-13103-50				
TOTAL NUMBER				
50				
REV.				
S1				

STRESS CATEGORY	1
50	6.4
°C	80
KSCG	11.8
DESIGN TEMP	DESIGN PRESS
DESIGN PRESS	DESIGN PRESS

NOTE1: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE



$F_x = 0.7 \text{ kN}$ $F_y = -12 \text{ kN}$ $F_z = -3.6 \text{ kN}$

Cargas Mu. Nudo 4/10
$F_H = 0.9 \text{ kN}$
$F_Y = -5.3 \text{ kN}$
$F_Z = -1.6 \text{ kN}$

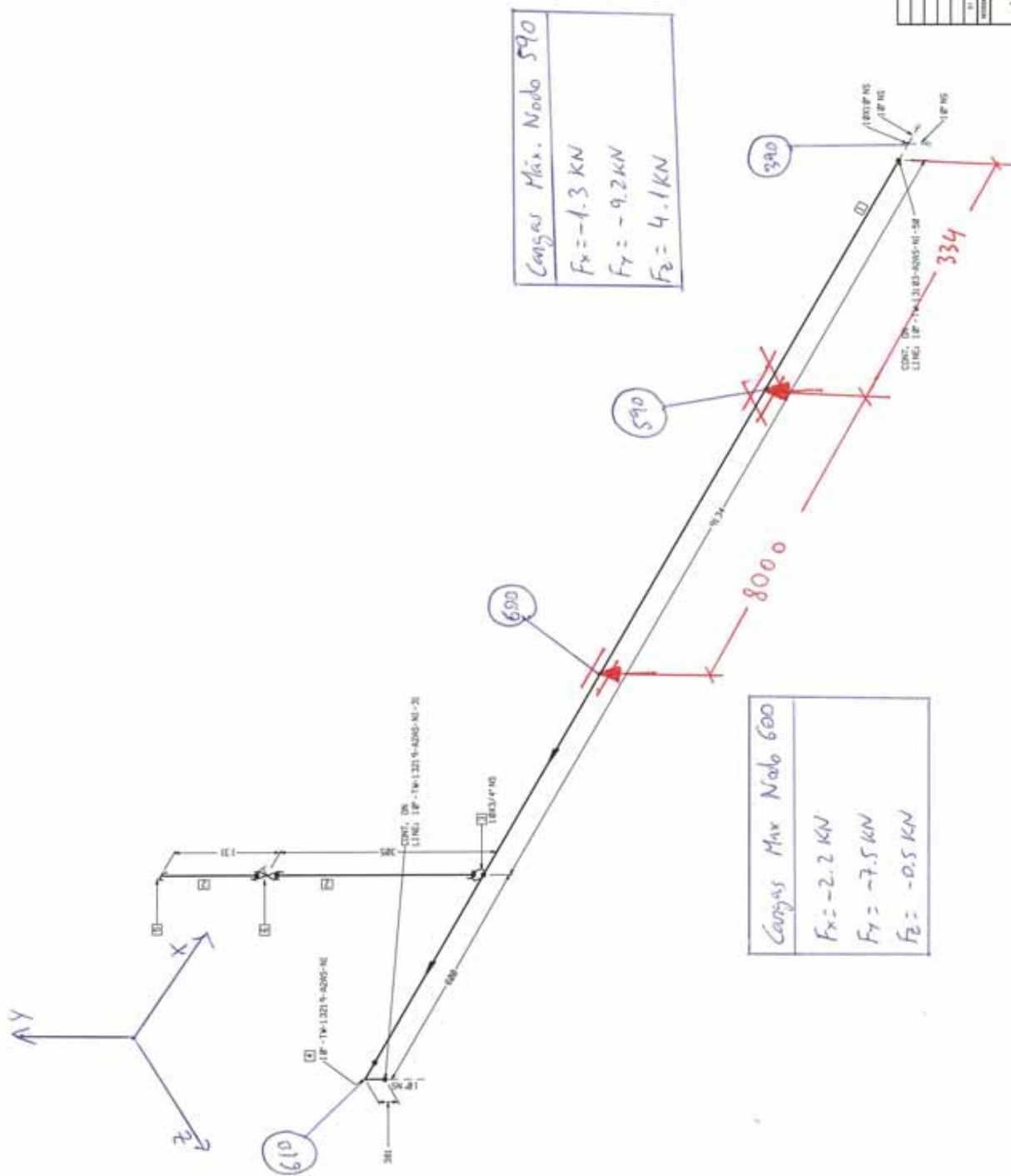
Charges plus Nodbo 440
 $F_x = -1 \text{ kN}$
 $F_y = -4.9 \text{ kN}$
 $F_z = -1.2 \text{ kN}$

[illegible][illegible]

NOTE1: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE

STRESS CATEGORY		I	
50 °C	6.4 KSCG	80 °C	11.8 KSCG
SPEL. TEMP	SPEL. PRESS	DESIGN TEMP	DESIGN PRESS
			A2AS
			SPAC

COMPOUND DESCRIPTION		ANALYSIS		COMPOUND DESCRIPTION		ANALYSIS	
1	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	18	9053.00	1	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	18	9053.00
2	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	2	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
3	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	3	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
4	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	4	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
5	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	5	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
6	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	6	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
7	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	7	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
8	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	8	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
9	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	9	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
10	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	10	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
11	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	11	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
12	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	12	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
13	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	13	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
14	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	14	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
15	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	15	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
16	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	16	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
17	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	17	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
18	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	18	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
19	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	19	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00
20	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00	20	1,4-DIHYDRO-2-NAPHTHOL	20	178.00

[illegible]

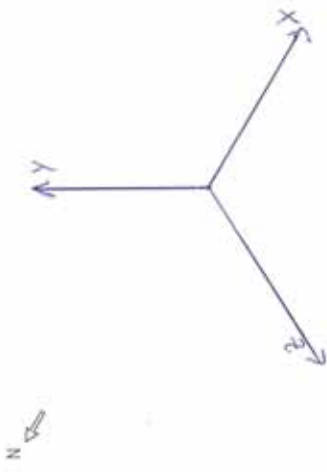
ANALISA: ESTEBAN MELCANA

Círculo: Descarga

ISOMETRIC DRAWING		REVISIONS	FORM
LINE No: 10*-TW-13219-A2AS-N1		Z	0
DRAWING NUMBER TW-13219-50		TECH. NUMBER	REV.
		50	51

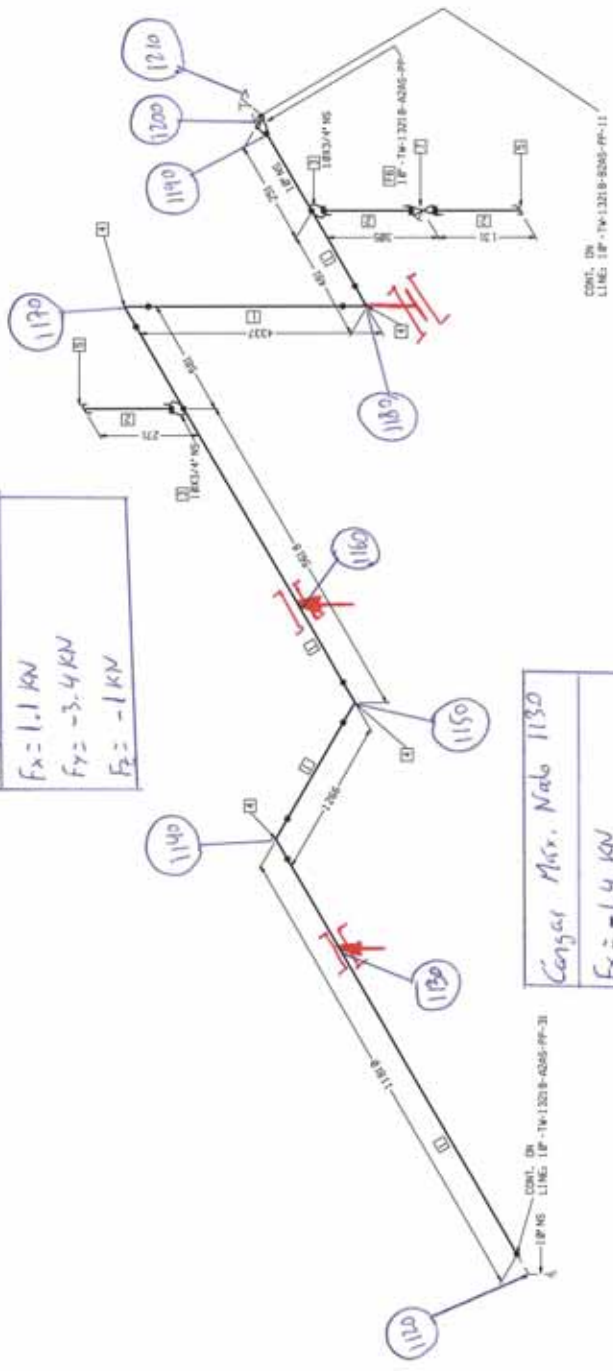
STRESS CATEGORY		II	
50 °C	4 KSCG	80 °C	11.8 KSCG
OPER. TEMP.	OPER. PRESS.	DESIGN TEMP.	DESIGN PRESS.
			A2AS
			SPCC

NOTE1: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE



Gasas Max Nado 1160
 $F_x = 1.1 \text{ KN}$
 $F_y = -3.4 \text{ KN}$
 $F_z = -1 \text{ KN}$

Gasas Max. Nado 1130
 $F_x = 1.4 \text{ KN}$
 $F_y = -8.7 \text{ KN}$
 $F_z = 2.2 \text{ KN}$



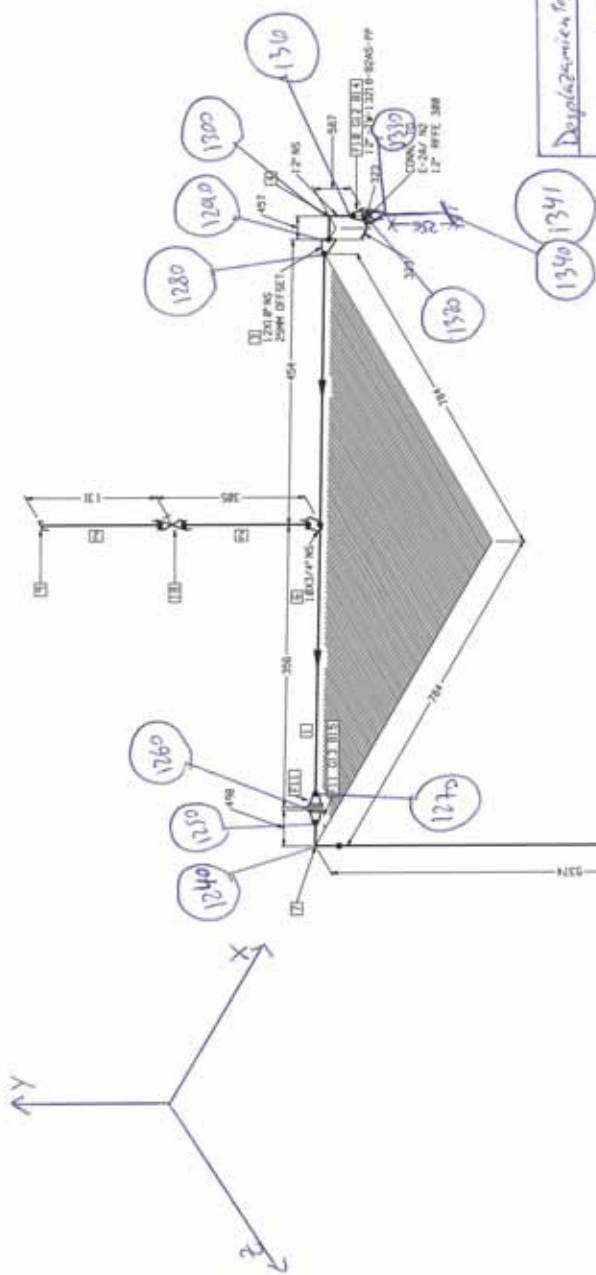
Gasas Max Nado 1180
 $F_x = 0.4 \text{ KN}$
 $F_y = -11.2 \text{ KN}$
 $F_z = 3.3 \text{ KN}$

NO.	COMPONENT DESCRIPTION	QTY	UNIT
1	PIPE ALUMINUM 1/2" x 1/8" 10 FT. 5-20	10	20.170 MB
2	PIPE ALUMINUM 1/2" x 1/8" 10 FT. 5-20	10	20.170 MB
3	ROCKWELL ALUMINUM 1/2" x 1/8" 10 FT. 5-20	10	20.170 MB
4	WALNUT 1/2" x 1/8" 10 FT. 5-20	10	20.170 MB
5	PIPE ALUMINUM 1/2" x 1/8" 10 FT. 5-20	10	20.170 MB
6	ROCKWELL ALUMINUM 1/2" x 1/8" 10 FT. 5-20	10	20.170 MB
7	WALNUT 1/2" x 1/8" 10 FT. 5-20	10	20.170 MB
8	PIPE ALUMINUM 1/2" x 1/8" 10 FT. 5-20	10	20.170 MB
9	ROCKWELL ALUMINUM 1/2" x 1/8" 10 FT. 5-20	10	20.170 MB
10	WALNUT 1/2" x 1/8" 10 FT. 5-20	10	20.170 MB

ANALISTA: ESTEBAN MORALES		CALCULO: DORACCA	
ISOMETRIC DRAWING			
LINE No: 10-TW-13218-A2AS-PP		REVISOR: Z D	
DRAWING NUMBER		REVISION	
TW-13218-12		12 S1	

STRESS CATEGORY	1	11.83	A2AS
70	4.2	100	KSCC
TEMP	TEMP	TEMP	TEMP
DESIGN PRESS	DESIGN PRESS	DESIGN PRESS	DESIGN PRESS

NOTE: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE



Duala Zamien for sale.

$$21 - 23 = 2.14 \text{ m}$$

$$\Delta z = -7.15 \text{ m}$$

$$Dz = \Delta y = 5.9 \text{ mm}$$

$\Delta Z \approx -12.08 \text{ m}$

Cangas Mex. Node 1230

$\tau = 0.4 \text{ kN}$

$F = 82 \text{ kN}$

$F_2 = -6.3 \text{ kN}$

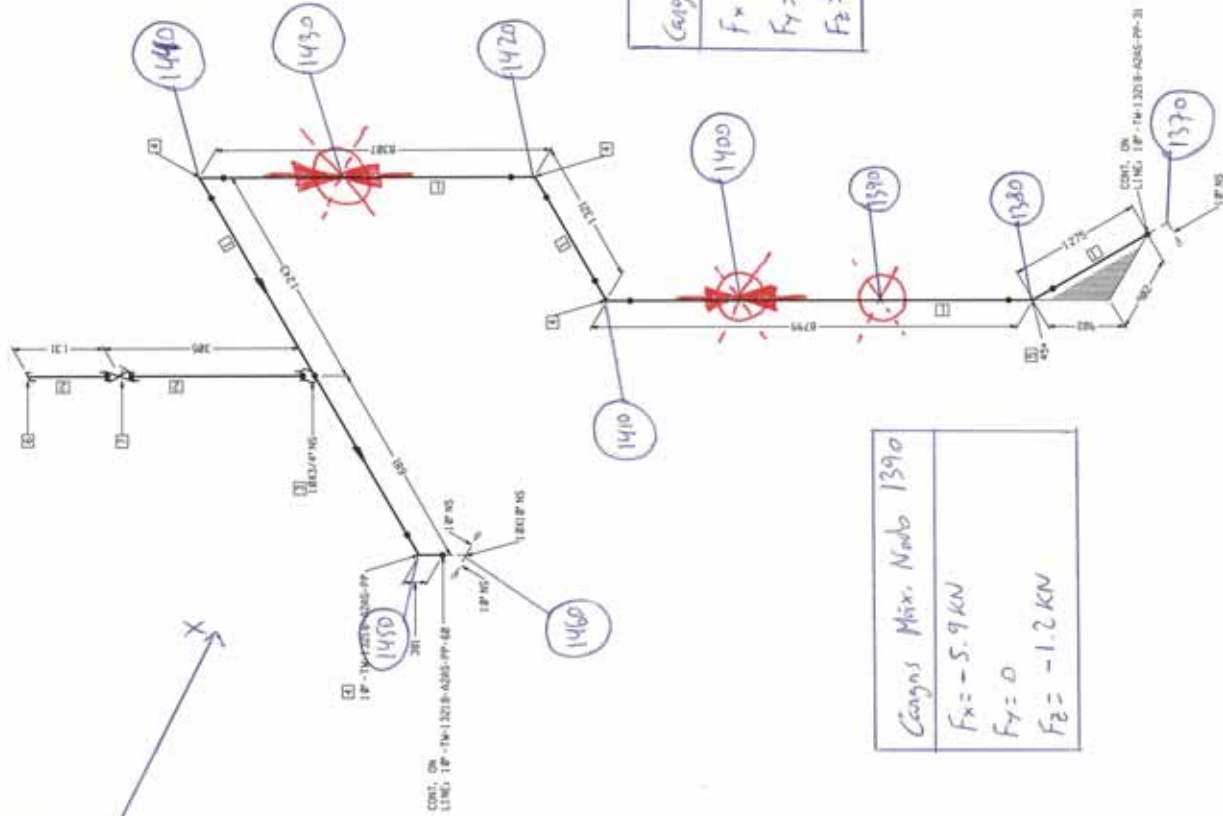
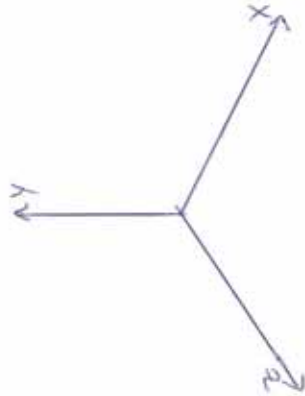
NOTE 1: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE

STRESS CATEGORY		I	
70 °C	4.2 KSCG	100 °C	11.83 KSCG
OPEN, TAMP	OPEN, PRESS	DESIGN TAMP	DESIGN PRESS
			B2AS
			SPZ2

[illegible]

DEPT. OF AGRICULTURE

[illegible]



Cargas Máx. Nudo 1430
 $F_x = -0.3 \text{ kN}$
 $F_y = -9.9 \text{ kN}$
 $F_z = -3.4 \text{ kN}$

Cargas Máx. Nudo 1400
 $F_x = 1.3 \text{ kN}$
 $F_y = -6.6 \text{ kN}$
 $F_z = 1.6 \text{ kN}$

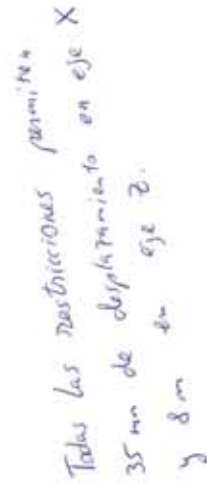
Cargas Máx. Nudo 1390
 $F_x = -5.9 \text{ kN}$
 $F_y = 0$
 $F_z = -1.2 \text{ kN}$

COMPARISON DESCRIPTION		ASME	EN
TUBES			
1 PIPE A2AS-PP	18-12018-A2AS-PP-48	18	18042 MPa
2 PIPE A2AS-PP	18-12018-A2AS-PP-20	18	175 MPa
FITTINGS			
3 SOCKET A2AS-PP	18-12018-A2AS-PP-48	18042 MPa	1
4 W. ELBOW A2AS-PP	18-12018-A2AS-PP-48	18	1
5 W. ELBOW A2AS-PP	18-12018-A2AS-PP-20	18	1
6 CAP A2AS-PP	18-12018-A2AS-PP-20	18	1
VALVES / JOINTS			
7 GATE V. TON. END OF A2AS-PP	18-12018-A2AS-PP-48	18	1

ANALISTA: ESTEBAN MEDINA		REVISOR: Z	REVISOR: D
CALCULO: DESCARGA		REVISOR: 13	REVISOR: S1
ISOMETRIC DRAWING		REVISOR: 13	REVISOR: S1
LINE No: 18-TW-13218-A2AS-PP		REVISOR: 13	REVISOR: S1
DRAWING NUMBER		REVISOR: 13	REVISOR: S1
TW-13218-13		REVISOR: 13	REVISOR: S1

STRESS CATEGORY	1	11.8	A2AS
70 °C	4.2 KSCG	100 °C	11.8 KSCG
OPER. TEMP.	OPER. PRESS.	DESIGN TEMP.	DESIGN PRESS.

NOTE: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE

[illegible]

Cálculo: DESCARGA

STRESS CATEGORY		I	
TO °C	4.2 KSCC	100 °C	11.8 KSCC
WELD TEMP	WELD PRESS	WELD TEMP	WELD PRESS
		WPC	

NOTE: FOR TEST MEDIUM, PAINT TYPE AND INSULATION THICKNESS REFER TO LINE SCHEDULE

ISOMETRIC DRAWING		ISOMETRIC SCALE	FORMAT
LINE No:	10-TW-13218-A2AS-PP	Z	D
DRAWING NUMBER	TW-13218-60	TRAIN NUMBER	REV.
		60	S1